

Élelmiszereink mikotoxin és növényvédőszer-maradék szennyezettségének élelmiszerbiztonsági megítélése 1. rész. Növényvédőszer-maradékok

Food safety assessment of the mycotoxin and
pesticide residue contamination of our foods
Part 1. Pesticide residues

**Tej és tejtermékek hamisítása, és a hamisítás
kimutatására alkalmas analitikai módszerek**

**Zöld és fekete tea főzeteire specifikált
színeltámaszkolási rendszer érzékszervi
validálása**

**Az élelmiszer-ellátó rendszer – a jelen kihívásai
és a jövő tervei – 1. rész**

*Falsification of milk and milk products, analytical
methods for investigation of adulteration • Organo-
leptic validation of a color masking system speci-
fied for green and black tea brews • The food supply
system – challenges of the present and plans for the
future – Part 1.*



TARTALOM – CONTENTS

Élelmiszereink mikotoxin és növényvédőszer-maradék szennyezettségének élelmiszerbiztonsági megítélése, 1. rész. Növényvédőszer-maradékok (Ambrus Árpád, Szenczi-Cseh Júlia, Griff Tamás, Kerekes Kata, Miklós Gabriella, Vásárhelyi Adrien, Szigeti Tamás János) <i>Food safety assessment of the mycotoxin and pesticide residue contamination of our foods, Part 1 Pesticide residues</i> (Árpád Ambrus, Júlia Szenczi-Cseh, Tamás Griff, Kata Kerekes, Gabriella Miklós, Adrien Vásárhelyi, Tamás János Szigeti)	2772
Tej és tejtermékek hamisítása, és a hamisítás kimutatására alkalmas analitikai módszerek (Csapó János, Albert Csilla, Szigeti Tamás János) <i>Counterfeiting of milk and dairy products, and analytical methods suitable for the detection of counterfeiting</i> (János Csapó, Csilla Albert, Tamás János Szigeti)	2802
Zöld és fekete tea (<i>Camellia sinensis</i> L.) főzeteire specifikált színeltávolítási rendszer érzékszervi validálása (Sipos László, Nyitrai Ákos, Szabó Dániel, Dominek Márk, Urbin Ágnes, Nagy Balázs Vince) <i>Organoleptic validation of a color masking system specified for green and black tea (Camellia sinensis L.) brews</i> (László Sipos, Ákos Nyitrai, Dániel Szabó, Márk Dominek, Ágnes Urbin, Balázs Vince Nagy)	2830
Az élelmiszer-ellátó rendszer – A jelen kihívásai és a jövő tervei (Szűcs Viktória, Szakál Diana, Balázs Bálint, Dudás Gyula) <i>The food supply system – challenges of the present and plans for the future</i> (Viktória Szűcs, Diana Szakál, Bálint Balázs, Gyula Dudás)	2856
Nemzeti szabványosítási hírek (Szalay Anna) <i>Review of national standardization</i> (Anna Szalay)	2870
Hazai körkép (Szunyogh Gábor) <i>Domestic panorama</i> (Gabor Szunyogh)	2872
Kitekintő (Szunyogh Gábor) <i>Outlook</i> (Szunyogh Gábor)	2880



Kedves Olvasóink!

Nehéz idők járnak ránk mostanában. Mialatt az ÉVIK 2020. évi 1. száma szerkesztésének utolsó simításait végezzük, odakint ragyogóan süt a márciusi nap, de a gyönyörű tavaszi idő színfalai mögött fertőző „génnek” – a 2019-ben felfedezett új koronavírus – SARS-CoV-2 – hadserege őrjöng.

„Háború van most a nagy világban, Isten sírja reszket a szent honban¹.” Írta Vörösmarty közel kétszáz évvel ezelőtt. A világvárvány ellen folytatott küzdelem talán eddig eddig soha nem látott próbatétel elé állítja az emberiséget, amelyet – reményeim szerint – összefogással, közös hittel megállítunk, és legyőzzük az alattomos, veszélyes kórokozót. Mi, az ÉVIK szerkesztősége és kéziratunk szerzői a túléléshez csendesen azzal járunk hozzá, hogy az érdeklődő szakemberek számára a küzdelem szüneteiben lehetőséget kínálunk a tudomány és a tudás pajzsa mögött megpihenni.

Pandémiás tavaszunk idején megjelenő számunk vezető anyagát **Ambrus Árpád és munkacsoportja** készítette. A nagy lélegzetvételű munka első részében Magyarország lakossága növényvédőszer-maradékoknak való kitettségét mérték fel a 2014 és 2018 közötti időszakban forgalomba hozott élelmiszerek vizsgálati eredményei alapján. Közleményünkben a növényvédő szerek felhasználásának hazai és nemzetközi szabályaiból is nyújtunk rövid összefoglalót. A dolgozat második részét, amely a hazai élelmiszerek mikotoxin-szennyezettségének felméréséről szól, terveink szerint az ÉVIK 2020. évi 2. számában fogjuk közzétenni.

Csapó János és kollégái a Hamvas Béla² által a leggalább gonosztevésnek nevezett élelmiszer-hamisítás témájában jelentetnek meg dolgozatot. Saját, egykori hatósági munkatapasztalataim alapján állítom, hogy az élelmiszer-felügyeleti tevékenység egyik legjelentősebb területét a hamisítások felderítése és az azokkal kapcsolatos hatósági eljárások jelentik. A szerzők a tej és a tejtermékek hamisításának módjáról, valamint a hamis termékek kimutatásának „klasszikus” és műszeres analitikai kémiai módszereiről írnak.

Szakkönyvünkben gyakran szerepelnek az élelmiszer-analítika modern, műszeres támogatással végzett érzékszervi módszereiről szóló dolgozatok. Ilyen munka **Sipos és munkatársainak** közleménye is, akik olyan kísérletekről számolnak be, amelyekben az íz- és szagérzékelést az érzékszervi bíráló vizuális élményei objektíven mérhető és statisztikai módszerekkel bizonyítható módon befolyásolják.

Szűcs Viktória és szerzőtársai az élelmiszer-ellátó rendszerek szerkezetéről, a velük szemben támasztott – egyre szigorodó – követelményekről készítettek kéziratot. Amikor dolgozatukat írták, még nem sejtették, hogy a lakosság biztonságos és tápláló élelmiszerekkel való ellátása világszerte hamarosan nehéz lesz egy, az egész emberi társadalmat sújtó világméretű járvány (pandémia) miatt.

Bízom benne, hogy amikor idei második számunk Olvasóink kezébe kerül, közös összefogással sikerül elhárítanunk a COVID-19 támadásait. Ehhez minden kedves olvasónknak kitartást, önfegyelmet, szerencsét, egészséget, az újságban megjelenő dolgozatokhoz pedig jó olvasást kívánok.

Dr. Szigeti Tamás János
főszerkesztő

Dear Readers,

We are going through tough times lately. During the time, when we are making the final touches on the first issue of JFI (ÉVIK) of 2020, the March sun is shining brightly outside, but behind the scenes of beautiful spring time, the army of the new, in 2019 discovered coronavirus (SARS-CoV-2) is raging. “Contending forces spread throughout the world, God’s grave is quaking in the Holy Land¹.” Written by the Hungarian poet, Mihály Vörösmarty nearly two hundred years ago. The battle against the pandemic may put Mankind ahead of a challenge – perhaps – never seen before, which I hope we will win with joint effort, common faith, and defeat the underhand, dangerous pathogen. We, the Editors of the JFI (ÉVIK) and the authors of our manuscripts, quietly contribute to survival by giving interested professionals the opportunity to rest behind the shield of science and knowledge during the breaks of the struggle.

The lead article of our issue of this pandemic spring was written by **Árpád Ambrus et al.** In the first part of the high-breathing work, an effort was made to assess the pesticide residues of the Hungarian population based on the results of testing of foods placed on the market between 2014 and 2018. They provide a brief summary of national and international rules on the use of pesticides. The second part of the paper, which deals with the assessment of mycotoxin contamination in domestic foods, is planned to be published in the 2nd edition of the JFI (ÉVIK) 2020.

János Csapó and his colleagues are publishing a paper on the topic of the falsifying of food products, which Béla Hamvas² called, to the most vicious act of evil. Based on my former official experience, one of the most important areas of food control activity is the detection of the food adulteration and the related authority procedures. The authors write about the methods of counterfeiting milk and dairy products and the “classical” and instrumental analytical chemical methods for detecting the falsified products.

Our journals often include papers on the topic of modern instrumental methods of sensory analysis in food analytics. Such work is also the subject of a report by **Sipos et al.**, who reports on the topic of experiments in which taste and smell perception are influenced by the visual experience of the sensory assessors. The influence is objectively measurable and verifiable.

Viktória Szűcs et al. have prepared a manuscript about the structure of the food supply system and the more stringent – demands on them. At the time of writing their article, they hadn’t idea that supplying safe and nutritious foods to the general public would soon be difficult due to a pandemic, a global epidemic affecting human society.

I hope that by the time this year’s second issue gets into the hands of our readers, we will work together we will repel the attack of COVID-19. For this I wish all our readers perseverance, self-discipline, luck, health and good reading.

Dr. Tamás János Szigeti
editor-in-chief

¹ Vörösmarty Mihály: A vén cigány

² Hamvas Béla: A rántottleves. Patmosz, esszék 1. kötet 96. oldal

¹ Mihály Vörösmarty: The Old Gypsy – Translated Alan Dixon

² Hamvas Béla: The roux soup. Patmos, Essays Volume 1 Page 96

Ambrus Árpád¹, Szenczi-Cseh Júlia², Griff Tamás³, Kerekes Kata⁴, Miklós Gabriella⁵, Vásárhelyi Adrien⁶, Szigeti Tamás János⁷

Érkezett: 2019. november – Elfogadva: 2020. február

Élelmiszereink mikotoxin és növényvédőszer-maradék szennyezettségének élelmiszerbiztonsági megítélése, 1. rész. Növényvédőszer-maradékok

KULCSSZAVAK: mikotoxin, növényvédőszer-maradék, Codex Alimentarius, AMPA, multi-residue módszer, glifozát

1. ÖSSZEFOGLALÁS

Közleményünk első részében ismertetjük az élelmiszerekben és a takarmányokban előforduló növényvédőszer-maradékok szabályozását, azok analitikai vizsgálatával kapcsolatos követelményeket, elemezzük a jelenlegi hazai gyakorlat tapasztalatait. A NÉBIH 2014-2018 között végzett vizsgálati eredményei alapján elemezzük a forgalomba kerülő élelmiszerek növényvédőszer-maradék tartalmát, és megbecsüljük a magyar fogyasztók expozícióját annak érdekében, hogy tudományos alapossgú helyzetértékeléssel elősegítsük a növényvédőszer-okszerű, szabályos felhasználását; minderre javaslatokat is teszünk.

Széleskörű vizsgálatok és nemzetközi információk alapján megállapítható, hogy az élelmiszereinkben előforduló növényvédőszer-maradékok – beleértve a glifozát-maradékokat is – a fogyasztókra nézve nem jelentenek élelmiszerbiztonsági vagy népegészségügyi kockázatot.

1.1. A közleményben használt rövidítések:

ADI: Acceptable Daily Intake; elfogadható napi bevitel

ALARA: As Low As Reasonably Achievable; észszerűen elérhető legalacsonyabb szint

AMPA: a glifozát nevű hatóanyag fő metabolitja

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

ÉLB: Élelmiszer-Biztonsági Adatbázis és Információs Rendszer; Food Safety Database and Information System (Hungarian system)

EPC: European Parliament and Council; Európai Parlament és Tanács

ESTI: Estimated Short Term Intake; becsült rövidtávú bevitel

EU: European Union; Európai Unió

DNA: deoxyribo nucleic acid; dezoxiribonukleinsav
FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations; Egyesült Nemzetek Szervezetének Élelmészügyi és Mezőgazdasági Szervezete

GAP: Good Agricultural Practice; Helyes Mezőgazdasági Gyakorlat

¹ Debreceni Egyetem, Táplálkozás- és Élelmiszertudományi Doktori Iskola

² Önálló élelmiszer-biztonsági szakértő

³ Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóság

⁴ Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Rendszerszervezési és Felügyeleti Igazgatóság

⁵ Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum Nonprofit Kft.

⁶ Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Élelmiszerlánc-biztonsági Laboratórium Igazgatóság

⁷ WESSLING Hungary Kft.

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

GLP: Good Laboratory Practice; Helyes Laboratóriumi Gyakorlat

HPLC: High Pressure (Performance) Liquid Chromatography; nagynyomású, nagy teljesítményű folyadékromatográfia

MS/MS: Tandem Mass Spectrometry; tandem tömegspektrometria

IARC: International Agency for Research on Cancer; Nemzetközi Rákkutató Központ

ISO: International Organization for Standardization; Nemzetközi Szabványügyi Testület

JECFA: FAO/WHO Joint Expert Committee on Food Additives and Contaminants; a FAO/WHO élelmiszer-adalékokkal és -szennyezőkkel foglalkozó szakértői bizottsága

JMPR: FAO/WHO Joint Meeting on Pesticide Residues; a FAO/WHO-szakértők növényvédőszer-maradékokkal foglalkozó együttes ülése

LD₅₀: lethal dose given all at once, which causes the death of 50% (one half) of a group of test animals; medián letális dózis

LC₅₀: lethal concentration that kills 50% of the test animals during the observation period (used in environmental studies); medián letális koncentráció

LOAEL: Lowest Observed Adverse Effect Level [ppm in feed expressed also in mg a.i./kgbw per day]; észlelt kedvezőtlen hatás legalacsonyabb szintje

LOQ: Limit of Quantification; kimutatási határ, mennyiségi meghatározás alsó határa

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

NOAEL No Observed Adverse Level [ppm in feed expressed also in mg a.i./kgbw per day]; megfigyelhető káros hatást nem okozó szint

NOEL: No Observed Effect Level; kimutatható elvárt hatást nem okozó koncentráció, vagy nem észlelt hatásszint (koncentráció)

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

P: primary samples; elemi minta

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

QC: Quality Control; minőség-ellenőrzés

UNEP: United Nation Environment Programme; ENSZ Környezetvédelmi Programja

SFC: European Commission Scientific Committee on Food; Európai Bizottság élelmiszerekkel foglalkozó szakbizottsága

STMR: Supervised Trial Median Residue; szerkísérletekből származó szermaradék-adatsor mediánja

USA: United States of America; Amerikai Egyesült Államok

US FDA: US Food and Drug Administration; Egyesült Államok Élelmiszer- és Gyógyszer-ellenőrzési Hivatala

2. Bevezetés

Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) rendszeresen méri az Európai Unió tagországi lakosságának a véleményét a különböző élelmiszerbiztonságot kockáztató tényezőkkel kapcsolatban. A 2019-es felmérés [1] 15 fő csoportra bontva közölte az eredményeket. Az 1. táblázat a magyar közvéleményt leginkább foglalkoztató négy, az élelmiszerbiztonságot érintő téma megítélését mutatja a tagországok lakosságának százalékos megoszlásában.

1. táblázat. Az EU-tagországok lakosai szerint az élelmiszerekben előforduló veszélyes szennyezőanyagok
Table 1. Hazardous contaminants present in foodstuffs according to citizens of EU member states

Lakosság %-a Population %	I. 0-9	II. 10-29	III. 30-49	IV. ≥50
	Országok száma / No. of countries			
Növényvédőszer-maradékok / Pesticide residues		4	*17	6
Mikotoxinok / Mycotoxins	7	*20		
GMO-k / GMOs		16	*11	
Antibiotikumok, hormonok vagy szteroidok a húsban Antibiotics, hormones or steroids in meat	1	1	*19	6

Megjegyzések:

1. Magyarország a csillaggal (*) jelölt csoportokba tartozik.

2. A magyar lakosság véleménye szerint a DNS-módosítás és a nano-részecskék az I. csoportba, az allergének, az állati- és a növényi-eredetű betegségek, a csomagolóanyagok, az élelmiszer-higiéncia, a bakteriális fertőzések, a környezeti szennyezők és egyéb mikroorganizmusok a II. csoportba, míg az adalékanyagok a III. csoportba tartoznak.

Notes:

1. Hungary belongs to the groups marked with an asterisk (*).

2. According to the opinion of the Hungarian population, DNA modification and nanoparticles belong to group I, allergens, diseases of animal or plant origin, packaging materials, food hygiene, bacterial infections, environmental contaminants and other microorganisms belong to group II, while additives belong to group III.

A Nemzeti Népesedési Kerekasztal (NKK) a tárgyban illetékes szervezetek felé felhívást intézett és kormányzati szintű stratégiai intézkedési terv kidolgozását javasolta a napi fogyasztású élelmiszerekben előforduló mezőgazdasági eredetű vegyszerek és toxinok egészségre, valamint a meddőség előidézésére gyakorolt hatásainak a csökkentésére. A felhívás a mikotoxinokat és a glifozát szermaradékot tartalmazó mindennapi élelmiszereket (gabona alapú termékek, sör, szójatartalmú termékek, halak, hús- és tejtermékek) nevezte meg a szennyezés fő forrásainak. Az említett anyagok egészségre gyakorolt káros hatását több szakcikkre hivatkozva támasztották alá.

Közleményünkben összefoglaljuk a növényvédőszer felhasználásának nemzetközi és hazai szabályozását. Bemutatjuk a forgalomba kerülő élelmiszerekben megtalálható növényvédőszer-maradékokra vonatkozó ellenőrzési rendszert és a vizsgálatok eredményét. Az eredmények alapján elemezzük, értékeljük a fogyasztókat érő szermaradék-expozíciót és javaslatot teszünk a növényvédőszer okszerű felhasználása érdekében teendő intézkedésekre.

2.1. A növényvédőszer forgalomba helyezésének szabályozása és az okszerű felhasználás ellenőrzése

Az intenzív nagyüzemi mezőgazdasági termelés napjainkban elképzelhetetlen növényvédőszer alkalmazása nélkül, mégpedig a különböző károsítók (rovarok, atkák, gombák, gyomok, rágcsálók) okozta nagy hozamvesztés miatt. Az úgynevezett bio termékek és ökológiai gazdálkodással előállítható élelmiszerek pedig csupán Földünk növekvő számú lakossága töredékének az élelmiszerszükségletét biztosítják. A megfelelő biológiai hatás eléréséhez szükséges, hogy a kijuttatott növényvédőszer a kezelt termés felületén maradjon, vagy bekerüljenek annak belsejébe. Ennek következtében a betakarított termésben sok esetben elkerülhetetlen bizonyos mennyiségű szermaradék jelenléte. Egy adott szer esetében a kezelt növény típusa, a környezeti viszonyok, a kijuttatás módja, valamint a termelési időszak időjárása, a kezelés és a betakarítás között eltelt idő a szermaradékok eloszlását és átlagos koncentrációját befolyásoló elsődleges tényezők [2, 3].

A növényvédőszer jelentős része a különböző élő szervezetekre nézve veszélyes vegyi anyagnak minősül. Alkalmazásukat éppen ezért többféle biológiai hatékonysági-, humán- és környezet-toxicológiai vizsgálat előzi meg, engedélyezésüket pedig szigorú feltételekhez kötik annak érdekében, hogy a szermaradékok ne károsítsák a fogyasztók egészségét, illetve a környezetet [4, 5, 6, 7]. Az engedélyezést megelőző vizsgálatok minden esetben GLP-minősített vizsgáló helyeken történnek, a rendelkezésre álló legkorszerűbb, az Európai Unió tagállamai által elfogadott és/vagy az OECD szakosított munkacsoportjai által javasolt módszerekkel [8]. A növényvédőszer engedélyezését követően az analitikai- és a teszt-módszerek folyamatos fejlődése, érzékenysé-

gük jelentős javulása új kísérleti és kutatási eredményekhez vezetnek. A kapott eredményeket rendszeres időközönként uniós és nemzeti szinten, illetve a Codex Alimentarius „periodic review”-program keretében vizsgálják felül, a már kiadott felhasználási engedélyt pedig – amennyiben szükséges – az előny-kockázat arányának a figyelembevételével módosítják.

Hazánk nemzetközi viszonylatban évtizedeken keresztül élenjáró a növényvédőszer okszerű és szakszerű felhasználásának ellenőrzésében. Elegendő csak a megyei növényvédő állomások kialakítására (1954-1955), a posztgraduális növényvédő szakmérnök-képzés beindítására, 1968-ban – a világon elsőként – a perisztens klórozott szénhidrogének betiltására, a higany- és arzén-mentesítési programra, valamint a megfelelő ellenőrzés biztosítása érdekében életre hívott országos növényvédőszer-maradék analitikai hálózatra (1968-1974) gondolnunk [9]. Érdemes megjegyezni, hogy a perisztens peszticidek gyártásának a beszüntetésével, illetve a felhasználásuk speciális célra történő korlátozásával (például vector control) foglalkozó nemzetközi egyezményt [10] csak 2002-ben sikerült az ENSZ-tagországok jelentős részével elfogadtatni. Ebben az időszakban számos országban betiltották a klórozott szénhidrogének, a triazinok, valamint egyes fenoxiacet-sav-származékok mezőgazdasági alkalmazását. Az Európai Unióban jelenleg zajló felülvizsgálati program keretében a tagállamok több hatóanyag (például neonikotinoidok, szerves foszforsav-észterek) visszavonását vagy azok használatának szigorú korlátozását is elfogadták.

A növényvédőszer toxicitását leggyakrabban az LD₅₀, LC₅₀, NOAEL, LOAEL, ADI, illetve ARfD értékekkel jellemzik [11]. A forgalomban lévő növényvédőszer-hatóanyagok toxicitása tág határok között mozog. A JMPR keretében belül például a 2018-ban értékelt hatóanyagok ADI értékei 0,001- 4,000 mg/ttkg között változtak. Ugyanakkor a legalacsonyabb ARfD 0,003 mg/ttkg volt, számos vegyület esetében pedig nem is volt szükség ARfD-érték meghatározására, mert azok a nem-célszervezetekre nézve nem mutattak akut toxicitást [12]. Az említett toxicológiai referencia értékek gyakorlatilag lefedik az Európai Unióban engedélyezett [13], illetve a Codex Alimentarius keretében értékelt növényvédőszer-hatóanyagokat is [14].

A nemzeti engedélyező hatóságok, illetve a JMPR szakértői a rendelkezésükre álló biológiai hatékonysági vizsgálatok és szerkísérleti eredmények ismeretében megbecsülik a javasolt alkalmazási körülmények között várható szermaradék-szintet, és meghatározzák az elfogadható maximális szermaradék-koncentrációt (határérték, MRL). Az MRL jogi kategória, de nem élelmiszer-biztonsági referenciaérték. A javasolt növényvédelmi technológia szerinti alkalmazást csak akkor engedélyezik, ha a betakarított termésben előforduló toxicológiai

releváns összes szermaradék együttes koncentrációja nem haladja meg az ADI, illetve az ARfD értékét az átlagos, illetve a napi fogyasztás 97,5 percentilisének (úgynevezett „nagy-fogyasztóknak”) megfelelő mennyiségű élelmiszer elfogyasztásakor. Hangsúlyozzuk, hogy számos növényvédő szer esetében eltérő azoknak a szermaradékoknak és metabolitoknak az összetétele, amelyeket a határérték ellenőrzésekor, illetve a fogyasztói expozíció számításakor figyelembe kell venni. Az utóbbiak értéke – mivel több komponenst is tartalmaznak – értelemszerűen mindig magasabb [15]. A JMPR 2018-ig 311 növényvédőszer-hatóanyagot értékelt [16]. A tudományos szervezet szermaradék-definíciójára, illetve maximális szermaradék-koncentráció-értékére tett javaslatát a CCPR tagországai több lépcsőben értékelik, majd a Codex Alimentarius Főbizottság elé terjesztik elfogadásra [17]. A Codex-adatbázis a Codex MRL, ADI, ARfD értékeket egyaránt tartalmazza [14]. Az Európai Unióban [18], így Magyarországon is érvényben lévő növényvédőszer-maradékok aktuális határértékei és toxikológiai referencia értékei a Bizottság honlapján megtekinthetők.

A növényvédő szerek előírásoknak megfelelő okzerű felhasználását világszerte nagyszámú minta vizsgálatával ellenőrzik [19, 20, 21]. Az Európai Unió koordinált monitoring programjának keretein belül például – amely tagállamokra bontva határozza meg a vizsgálandó minták körét és számát – 2016-ban és 2017-ben a laboratóriumok évente több mint 84 000 mintát analizáltak. A minták 95-98%-a az engedélyezett határérték alatti szermaradékokat tartalmazott, de jelentős részükben nem is volt jelen detektálható mennyiségű szermaradék [22, 23].

A koordinált monitoring vizsgálati programot a tagországok nemzeti hatáskörén belül évente összesen százezres nagyságrendű mintából végzett, hasonló eredményt mutató mérések egészítik ki. Ezen ismert tények ellenére az európai országok lakosságának közel 30-50%-a károsnak ítéli az élelmiszerekben potenciálisan előforduló növényvédőszer-maradékokat (1. táblázat).

A növényvédőszer-maradékok ellenőrzésére kidolgozott és az egész világon – így az Európai Unióban is [25] – elfogadott Codex mintavételi eljárás [24] pontosan szabályozza az összetett mintában engedélyezett elemi minták minimális számát, illetve azok minimális tömegét is a mintázott termék méretétől és jellegétől függően. Mivel az egyes gyümölcsök, zöldségek szermaradék-tartalmában akár százszoros különbség is lehet [2], az MRL pedig a laboratóriumi minta átlagos szermaradék-koncentrációjára vonatkozik, ezért helyes vizsgálati eredményt csak abban az esetben kaphatunk, ha a laboratóriumi minta teljes mennyiségét, a nagyméretű termékek (például dinnye, tök, fejes káposzta) reprezentatív hányadát feldolgozzuk, megfelelő részüket extraháljuk. A mintavétel és a meghatározási folyamat kritikus elemeit, minőségbiztosítását külön közleményekben tárgyaltuk [26, 27].

2.2. A forgalomba kerülő termények megfelelésének az ellenőrzése

A jogszabályokban meghatározott maximálisan elfogadható szermaradék-szintek (MRL) a forgalomba került tételből az előírásnak megfelelően vett minta átlagos koncentrációjára vonatkoznak. Ha a mérési bizonytalanság figyelembevételével a mintában mért átlagos koncentráció nem haladja meg a határértéket, a termék forgalomba hozható. Ugyanakkor egy minta alapján nem lehet megalapozott következtetést levonni a tétel átlagos szennyezettségére vonatkozóan. Ha például egy szermaradék-, illetve mikotoxin-szennyezés mért koncentrációja a vonatkozó határértékhez képest kisebb, ám annak 30%-ánál nagyobb, akkor a szennyezők heterogén eloszlása és a mért eredmény bizonytalansága következtében a mért komponenst a tétel jelentős hányada várhatóan a határérték feletti koncentrációban fogja tartalmazni. Farkas és munkatársai [28] megállapították, hogy amennyiben az elővizsgálat idején a közepes-, a kis-, illetve a nagyméretű termékekből szabvány szerint vett összetett minta szermaradék-tartalma nem nagyobb, mint a határérték 30%, illetve 25%-a, akkor ismételt mintavételt követően a forgalmazott termék 95%-os valószínűséggel meg fog felelni a határérték-előírásoknak.

2.2.1. Növényvédőszer-maradék vizsgálatok élelmiszerekben történő minőségbiztosítása

A forgalomba kerülő mezőgazdasági termények, élelmiszerek és takarmányok növényvédőszer-maradékok koncentrációjának hatósági ellenőrzését Magyarországon a NÉBIH nemzeti referencia laboratóriuma, valamint három regionális hatósági analitikai laboratóriuma végzi; célprogramok keretein belül bizonyos esetekben a talajban és a felszíni vizekben is vizsgálnak szermaradékokat.

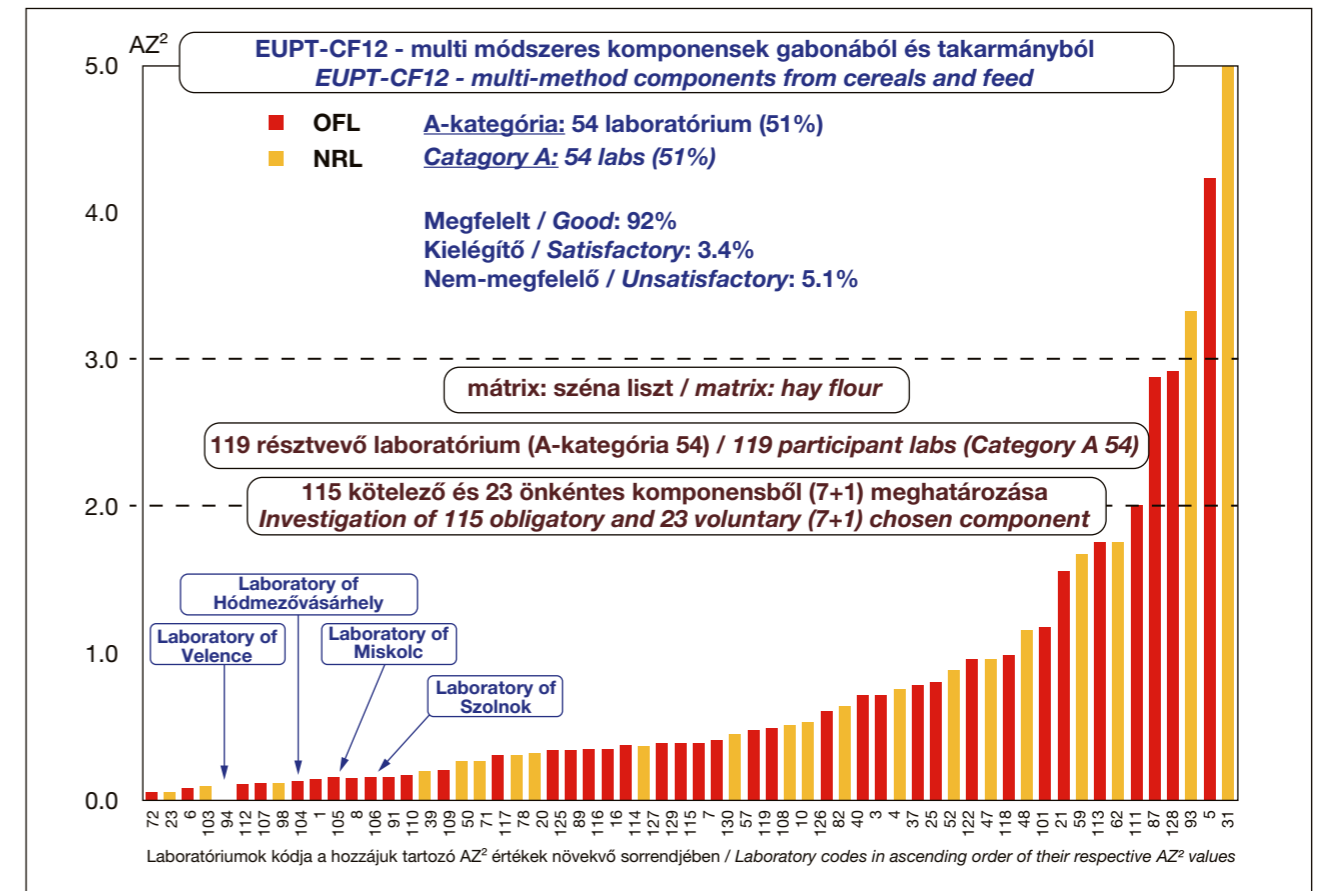
A laboratóriumok az MSZ EN ISO/IEC 17025:2018 (továbbiakban ISO17025) szerint akkreditáltak, emellett a szolnoki laboratórium a GLP minőségbiztosítási rendszerben is tanúsított. A megbízható eredmények elérésének követelményeit és a minőségbiztosítási mérések statisztikai kiértékelésének módszereit külön közleményünk tárgyalja [26, 27].

A hatósági vizsgálatokat végző és a nemzeti referencia laboratóriumoknak egyaránt kötelező az európai körvizsgálatokon történő részvétel, amelyek keretében mintatípustól függően 90-230 előre megnevezett lehetséges szermaradék közül kell minőségileg és mennyiségileg meghatározni a kiadott mintában ténylegesen jelenlévő közel húszféle vegyületet. A szervezők az eredményeket robusztus statisztikai módszerek segítségével értékelve [29] meghatározzák a várható értéket (μ) és a mérések jellemző szórását (σ). A jelentett koncentrációval (x_i) kiszámítják az adott komponens sztenderd normál változóját (standard normal variate):

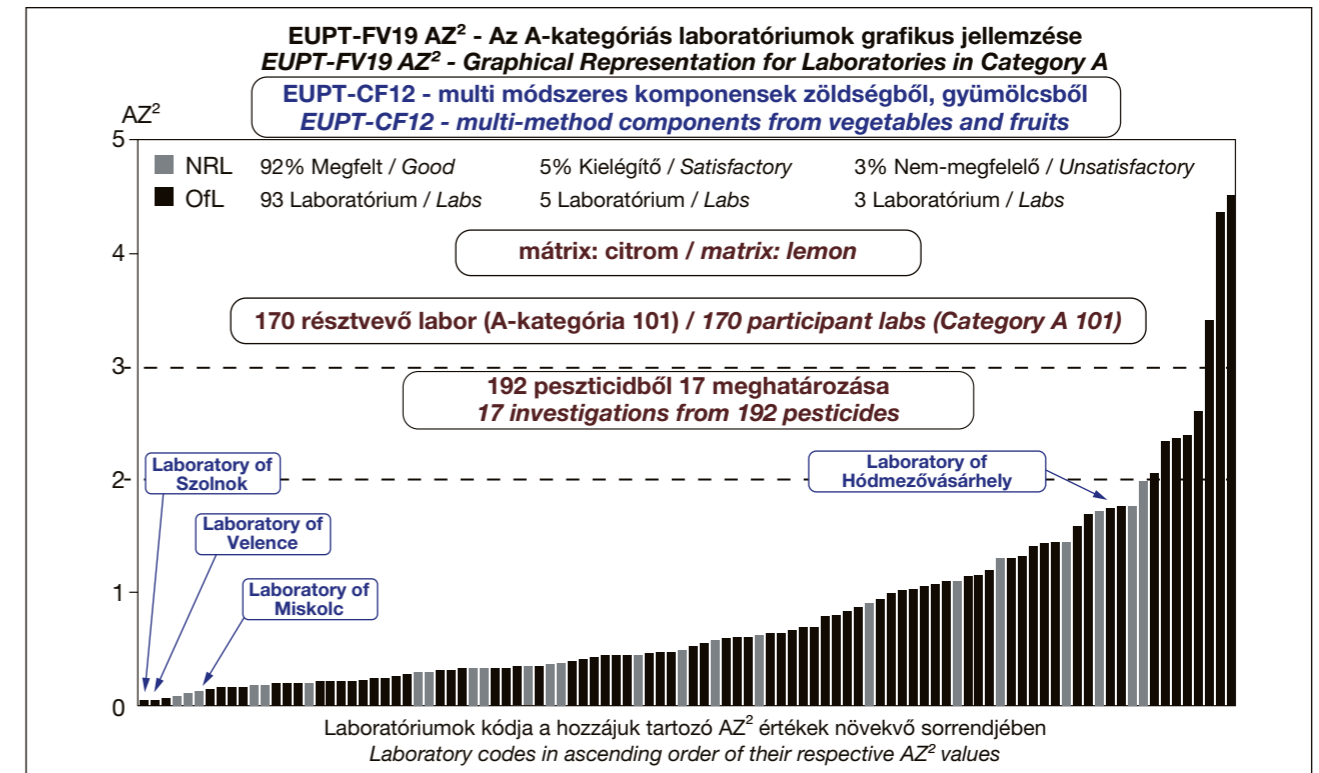
$$Z_i = \frac{x_i - \mu_i}{\sigma} \quad (1)$$

A következő lépésben az egyes komponensekre kapott Z-értékek négyzetének az átlagával megkapják az átlagos Z-értéket:

$$AZ^2 = \frac{\sum_{i=1}^n Z^2}{n} \quad (2)$$



1. ábra. Az EUPT-CF12 eredménye (a 4 magyarországi laboratórium kiemelésével)
Figure 1. Result of EUPT-CF12 (highlighted the 4 Hungarian laboratories)



2. ábra. EUPT-FV19 körvizsgálat eredménye (a 4 magyarországi laboratórium kiemelésével)
Figure 2. EUPT-FV19 körvizsgálat eredménye (highlighted the 4 Hungarian laboratories)

Ha az AZ érték <2, akkor az eredmény jó, 2≤AZ≤3 esetében elfogadható, míg az AZ>3 eredmény nem elfogadható és a laboratórium nem kapja meg az 'A' kategóriás minősítést. Az értékelési mód alapján jól látható, hogy a Z<1 eredményt elérő laboratóriumokat „jutalmazták”, míg a Z>2 eseteket „büntették”.

A NÉBIH mind a négy laboratóriuma rendszeresen kiváló eredményt ér el az évenkénti 6-8 körvizsgálaton; ezt példa gyanánt az 1-3. ábrák mutatják. Azt a laboratóriumot, amelyik két egymást követő évben is eléri a legjobb átlagos eredményt, a korán elhunyt kiváló svéd analitikusról elnevezett „Arné Arnold”-díjjal tüntetik ki. A miskolci és a velencei laboratórium az elmúlt években három témakörben négy alkalommal lett első helyezett a 110-170 résztvevő európai laboratórium közül.

2.2.2. A vizsgálati eredmények feldolgozása, a minta-vételek kockázat alapú tervezése

A nagyszámú növényvédőszer-maradék vizsgálati eredményt 1978 óta számítógépes feldolgozás alapján értékeljük. A program az évek során a számítógépek teljesítményével arányosan bővült. A jelenleg alkalmazott ÉLB-program lehetővé teszi a mintavétellel és a mintázott termékkel, a vizsgált paraméterekkel és a teljesítményjellemzőkkel kapcsolatos összes információ tárolását és megadott szempontok szerint történő letöltését, valamint statisztikai értékelését.

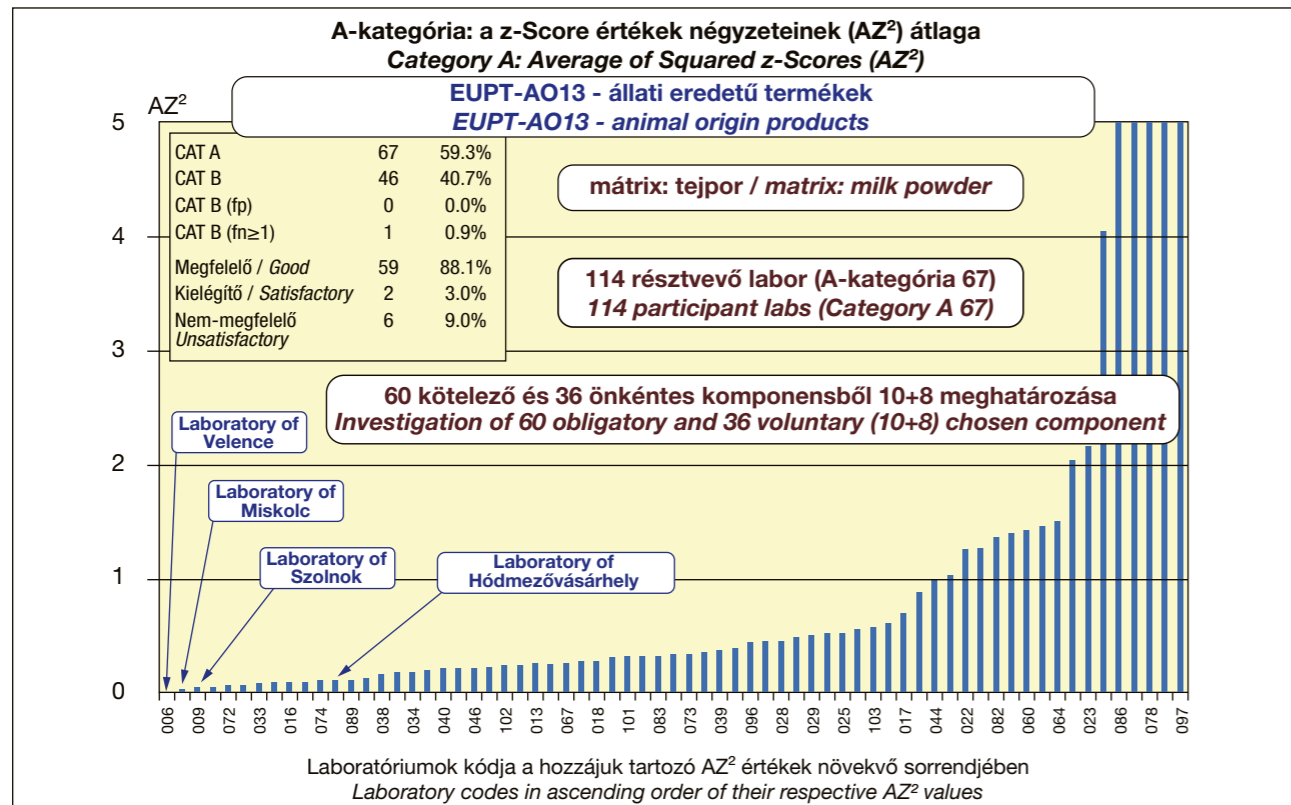
A növényvédőszer-maradék vizsgálatok kockázatalapú mintavételi tervét egy háromlépcsős modell (4. ábra) felhasználásával készíti el egy, a különbö-

ző szakterületek képviselőiből álló munkacsoport. A modell a vizsgálati prioritás meghatározására az új készítmények esetében az engedélyezési szakanyagokban rendelkezésre álló adatokat (szermaradék-eloszlás, ARfD, ADI), a mezőgazdasági gyakorlatban már alkalmazott készítmények esetében pedig az egyes szermaradék-minta kombinációk korábbi vizsgálati eredményeit is felhasználja [30, 31]. Erre a célra egy külön lekérdezési formátum készült (2. táblázat), amelynek háttérében a program automatikusan kiszámítja a fő súlyozó faktorokat és alapadatokat.

A modell a számított faktortól függően az adott termény peszticid-szermaradékának vizsgálatára háromféle lehetőséget kínál:

1. Nincs szükség szermaradék vizsgálatra;
2. Rendszeres monitoring szükséges;
3. Javasolt a célzott vizsgálat.

A laboratóriumok multi-residue módszer (több hatóanyag együttes vizsgálata) segítségével határozzák meg a vizsgálati programba bevont termény vagy élelmiszer esetében a jelenlévő összes szermaradékot. A vizsgálandó minták számát a számított súlyozó faktorok, valamint a rendelkezésre álló laboratóriumi kapacitás figyelembevételével optimalizálják. A vizsgálat céljára vett laboratóriumi minták elemi mintaszámára és minimális tömegére a 66/2010 FVM rendelet előírásai vonatkoznak [32].

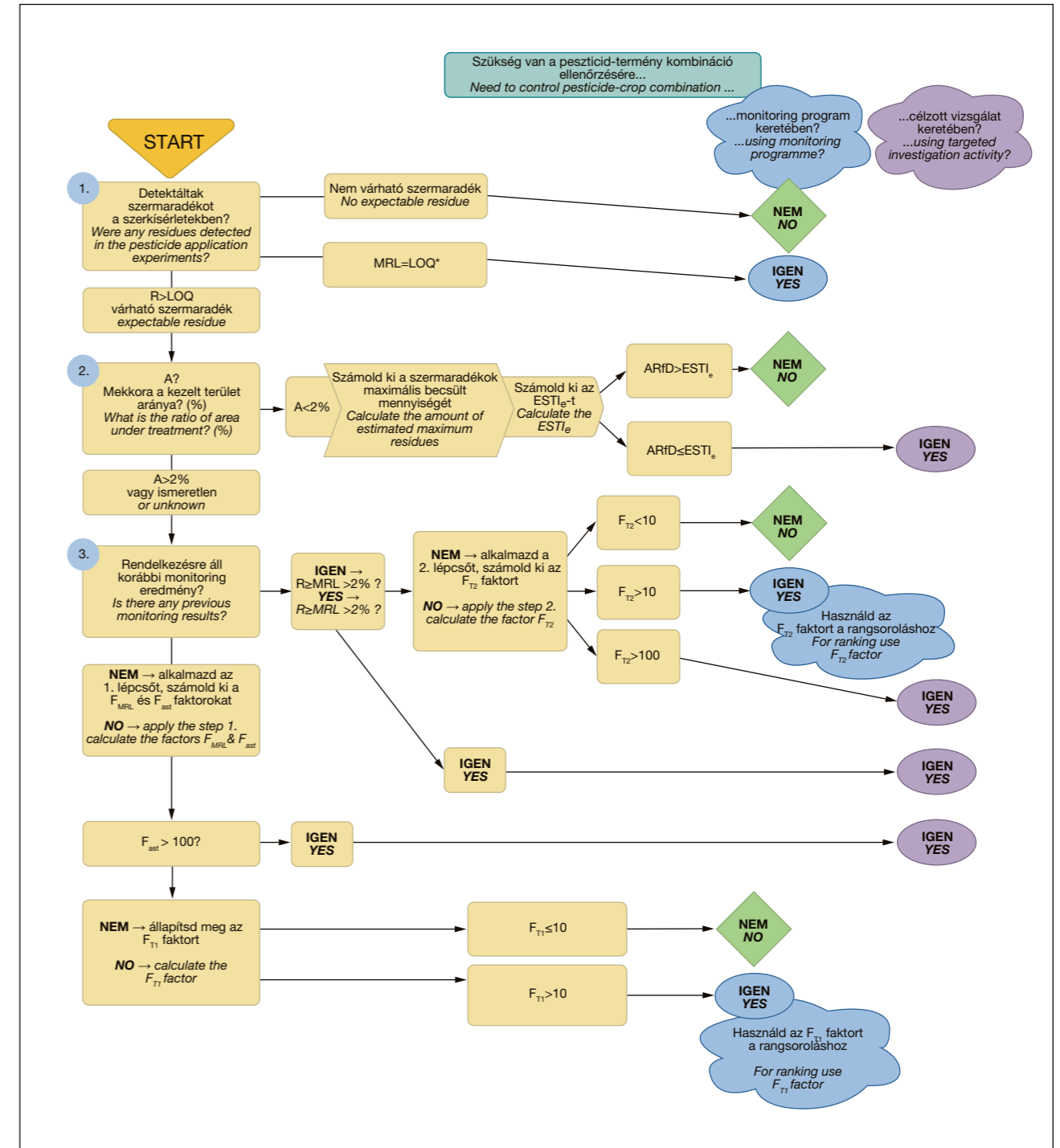


3. ábra. Az EUPT-AO13 körvizsgálat eredménye (a 4 magyarországi laboratórium kiemelésével)
Figure 3. Result of EUPT-AO13 ring test (highlighted the 4 Hungarian laboratories)

A szermaradékértékek kiválasztott percentilisének (βp) meghatározott valószínűségű (βt) detektálásához szükséges véletlen minták számát a binomiális eloszlás alapján számítjuk [24]:

$$\beta_t = 1 - \beta_p^n \quad n = \frac{\lg(1-\beta_t)}{\lg \beta_p} \quad (3)$$

Ha feltételezzük, hogy a forgalomba kerülő tételekben a szermaradék az esetek 98%-ban ≤MRL, akkor véletlen kiválasztás alapján legalább 149 tételt kell



4. ábra. Döntési séma a háromszintű monitoring tervezési modellhez. Rövidítések, jelölések: A: kezelt terület aránya (%), ESTI₉₅: 95%-s valószínűséggel becsült rövidtávú bevitel; F_{MRL}, F_{M0}: súlyozási faktorok; F_{amF}, F_{ast}: rövidtávú bevitelt figyelembe vevő súlyozási faktorok; F_{T1}: a modell első lépcsőjénél alkalmazandó faktor az F_{MRL} és a F_{amF} közül a nagyobbik; F_{T2}: a modell második lépcsőjénél alkalmazandó faktor F_{amF} és F_{M0} közül a nagyobbik.
(„A Food Safety Assessment of Pesticide Residues” „Principles of Control of Small-Scale Production of Fruits and Vegetables and Planning Risk-based Monitoring Programmes” című fejezetének (Horváth és Ambrus 2017) 11.3-as ábrája magyar fordításban a kiadó engedélyével felhasználva)

Figure 4. Decision scheme for the three-tier monitoring design model. Abbreviations: A: percentage of area under cultivation, ESTI₉₅: short-term intake estimated with 95% probability; F_{MRL}, F_{M0}: weighting factors; F_{amF}, F_{ast}: weighting factors for short term intake; F_{T1}: the factor greater than F_{MRL} and F_{amF} for the first step of the model; F_{T2} the factor greater than F_{amF} and F_{M0} for the second step of the model. (The picture is the figure 11.3 in the „Food Safety Assessment of Pesticide Residues”, chapter „Principles of Control of Small-Scale Production of Fruits and Vegetables and Planning for Risk-Based Monitoring Programs” (Horváth and Ambrus 2017) – used in Hungarian translation with permission of the publisher)

mintázni ahhoz, hogy 95%-os valószínűséggel legalább egy mintában a határérték feletti szermaradékot találjunk. Az állítás fordítva is igaz, vagyis ha 149 véletlen eljárással kiválasztott tétel egyik mintája sem tartalmaz határérték feletti szermaradékot, akkor 95%-os valószínűséggel állíthatjuk, hogy a tételek több mint 98%-a kevesebb szermaradékot tartalmaz a határértékhez képest.

Az ideális esetben a számított súlyozó faktoroknak (F) megfelelően vizsgálandó minták számát a **3. táblázat** tartalmazza. A táblázatban közölt mintaszámok arra is alkalmasak, hogy a monitoring vizsgálatok során kapott eredményekből levont következtetések helyességének a valószínűségét megbecsüljük.

A mintaszám a rendelkezésre álló mintavételi és laboratóriumi kapacitástól, valamint a pénzügyi fedezettől függ. Ha valamelyik feltétel nem áll rendelkezésre, akkor a kritikus termény-pesticid kombináció kap prioritást, így a többi termény mintaszám a faktoral arányosan csökken.

Célvizsgálatokhoz a véletlen mintavételi elven kiválasztott, ismert kezelésű ≥8 területről célszerű két-két független mintát venni. Farkas [33] és munkatársainak a kutatásai szerint [34] több mint húsz terület-

ről vett minta (**5. ábra**) vizsgálata gyakorlatilag nem befolyásolja a kapott eredmények megbízhatóságát.

2.2.3. A fogyasztói expozíció becslési módszerei

Azt, hogy a lakosság milyen mértékben van kitéve az élelmiszerekben előforduló toxikus anyagoknak (EDI) pontoszerű (determinisztikus), illetve probablisztikus módszerrel határozzuk meg. Probabilisztikus becslést rutinszerűen egyelőre csak az USA-ban alkalmaznak, az Európai Unióban ennek az eljárásnak a véglegesítése – az időközben megjelent számos közlemény tapasztalatának a figyelembevételével – folyamatban van [35].

A fogyasztók napi átlagos expozícióját determinisztikus módszerrel, vagyis az adott napon fogyasztott egyes élelmiszerek (F_i, g/ttkg) átlagos tömegének és az összetett mintákban mért szermaradék-értékek mediánjának (M_{ex}, mg/kg) a figyelembevételével számítják ki. A számításnál az engedélyezést megelőző szerkísérletekből származó „supervised trial median residue” (STMR)-értéket veszik figyelembe [15]. Az egyszerűsített számítást a **4. egyenlet** mutatja.

$$EDI = \sum (R'_{exi} \times F_i) \text{ vagy } \sum (STMR'_i \times F_i) \quad (4)$$

2. táblázat. Példa a kockázat alapú monitoring tervezéshez használható 1867-es ÉLB lekérdezési formátumra
Table 2. An example of a risk-based monitoring design is the 1867 ÉLB/FCS query format

Mátrix Matrix	Mért paraméter Measured parameter	LOQ	N	N, R < LOQ	T	Az MRL típusa Type of MRL	N, R > T	N, R >= LOQ	R _{max} /T	F _m	f _m	f _{pl0q}	f _p	Medián Median	SUM	Rmax	Percentilis H_D Percentile H_D	Egyedi mért érték ¹ Unique measurement value ¹
Alma Apple	Bentazon Bentazone	0.05	6	6		Hazai MRL Domestic MRL	0	0		89	89	0	0	0.050	0.30	0.050	0.0500	<u>0.05</u>
Alma Apple	Triazamat Triazamate	0.01	6	6		Hazai MRL Domestic MRL	0	0		89	89	0	0	0.010	0.06	0.010	0.0100	<u>0.01</u>
Alma Apple	Butilát Butilate	0.05-0.01	32	32	0.05	EU MRL EU MRL	0	0	1.0	87	52	35	0	0.010	0.56	0.050	0.0500	<u>0.05</u>
Alma Apple	Flumioxazin Flumioxazin	0.05-0.01	32	32	0.05	Hazai MRL Domestic MRL	0	0	1.0	87	52	35	0	0.010	0.56	0.050	0.0500	<u>0.05</u>

¹ Egyedi mért értékek a további oszlopokban csökkenő sorrendben (mg/kg)
N: esetek száma; R > (mért szermaradék-mennyiség); T = MRL értéke; F_m; f_m; f_{pl0q}; f_p: a súlyozó faktor számításához használt paraméterek; SUM: a mintában mért szermaradék koncentrációk összege; Percentilis H_D; Harrel Dawis eljárással számított percentilis érték; Aláhúzott egyedi mért érték: < LOQ

¹Unique measured values in further columns in descending order (mg/kg)
N: number of cases R > (amount of measured residue); T = MRL value; F_m; f_m; f_{pl0q}; f_p: parameters used to calculate the weighting factor; SUM: sum of the residual concentrations in the sample; Percentilis H_D; Percentile value calculated using the Harrel Dawis method; Underlined unique measured value: < LOQ

Az R_{exi} értékét – ami a nyers termékben előforduló kockázatbecslés céljára meghatározott szermaradék-koncentrációt jelenti [36] – a szerkísérletek és toxikológiai vizsgálatok alapján a JMPR, EFSA, illetve a nemzeti engedélyező hatóságok határozzák meg. A monitoring vizsgálatokat az engedélyezett határérték betartásának ellenőrzésére végzik. Azokban az esetekben, amikor a kockázatbecslés céljára alkotott szermaradék-definíció eltér a monitoring vizsgálatok céljára definiálttól, a monitoring vizsgálati eredményeket először a rendelkezésre álló kísérleti eredmények alapján, a kétféle szermaradék-definíció koncentrációarányának megfelelően kell módosítani [30]. Az R_{exi} a feldolgozási faktorral (Pf_i) módosított szermaradék értékét is magában foglalja:

$$R'_{exi} = R_{exi} + Pf_i \times R_{exi} \quad (5)$$

A feldolgozási faktorokat a feldolgozott terményben (C_i), illetve a kiindulási nyersanyagban (C₀) mért szermaradék (vizsgált vegyület) hányadosával fejezzük ki: Pf = C_i/C₀. A Pf-értékek a JMPR értékelésekben, az EFSAT Scientific Opinions és a BfR kiadványában [37] található kísérleti adatok.

Az esetenként nagy mennyiségű élelmiszerral a szervezetbe jutó toxikus anyagok mennyiségét (rövid-távú expozíció, ESTI) a 24 óra alatt elfogyasztott élelmiszermennyiségek 97,5 percentilisével vesszük figyelembe. Tekintettel arra, hogy ha valaki egy adott élelmiszertől az átlagosnál jóval többet fogyaszt, akkor a többi ételből azon a napon várhatóan már nem tud sokat enni, ezért a rövid távú (akut) expozíciót élelmiszerekenként külön számítják, és az így kapott értékek közül a legmagasabbat veszik figyelembe, amelyet azután az ARfD értékhez viszonyítanak.

Az ESTI-t [mg/ttkg] a következő képlettel számítják ki:

$$ESTI = \frac{U_e \times HR \times v + (LP - U_e) \times HR}{ttkg} \quad (6)$$

3. táblázat. A javasolt ideális mintaszám a súlyozó faktorok (F) függvényében
Table 3. The recommended ideal sample number in the function of weighting factors (F)

F	N	βt% ¹
≥100	149	95
≥75	114	90
≥50	94	85
≥40	60	70
≥30	46	60
≥20	30	45
≥15	15	25
≥10	10	18
<10	0	0

¹ A nem-megfelelő tétel azonosításának valószínűsége 98%-os megfelelést feltételezve.
¹ The probability of identifying an unsatisfactory items assuming 98% conformity.

A képletben U_e a fogyasztott termény/élelmiszer tömege [kg], HR a szerkísérletekben vagy a monitoring vizsgálatokban észlelt maximális szermaradék-koncentráció [mg/kg]; v az úgynevezett dimenzió nélküli variabilitási faktor, ami az egyes egyedi terményekben mért szermaradék 97,5 percentilis koncentrációjának és a tétel átlagos szermaradék-tartalmának a hányadosa, amit a tételből vett összetett minta átlagos szermaradék-tartalma reprezentál; LP az adott élelmiszertől 24 óra alatt elfogyasztott, testtömeg kilogrammra vonatkoztatott mennyiség [kg] 97,5 percentilise.

Az EDI, illetve az ESTI determinisztikus meghatározására a WHO nemzetközi fogyasztási adatai alapján a Holland RIVM intézet szakemberei Excel-alapú számítási modellt dolgoztak ki. A modell az EDI kiszámítására a közel azonos fogyasztási szokású országokat 17 csoportra bontja, míg az ESTI számításához a Codex-tagországok által rendelkezésre bocsátott LP- és testtömeg-adatokat használja [38]. A JMPR ezeket a modelleket alkalmazza az értékelt növényvédő szerek fogyasztói kockázatának számításánál. Az Európai Unió szakemberei a 27 tagország fogyasztási adatait tartalmazó Excel-alapú programot (Primo 3.1) használják, ami alkalmas az EDI és az ESTI kiszámítására egyaránt [39]. A hatályban lévő szabályozások alapján az Európai Unión belül egy növényvédő szert csak abban az esetben engedélyeznek, ha a javasolt felhasználási körülmények között az élelmiszerekben jelenlévő szermaradékok mennyisége egyik ország lakosságára sem jelent kockázatot.

A **6. egyenlet** a fogyasztói expozícióra ad egy konkrét becslést, ami lefedi az adott élelmiszert fogyasztók 97,5%-át, de nem ad információt az expozíció eloszlására. A különböző kémiai szennyező anyagok, növényvédőszer-maradékok pontosabb expozícióbecslésére ezért célszerű a probablisztikus eljárásokat alkalmazni. Az eljárás előnye az, hogy segítségével egy meghatározott fogyasztói kör expozíciójának

az eloszlása is becsülhetővé válik, figyelembe véve a különböző személyek közötti és az egyének napi fogyasztásai közötti eltéréseket, valamint a szennyezőanyagok mért koncentrációit.

A hazai fogyasztók expozíciójának probablisztikus meghatározási eljárását Zentai és munkatársai dolgozták ki [40, 41]. A modellezés elvét a 6. ábra mutatja.

Az akut expozíció meghatározása során számolni kell azzal, hogy az azonos termőterületről származó egyedi termények szermaradék-tartalma tág határok között változik, és köztük esetenként százszoros különbség is tapasztalható [3]. Jelentős különbség van a termények egyedi tömegében is. Így egyetlen napon akár különböző méretű és szermaradék-tartalmú zöldséget, gyümölcsöt is fogyaszthatunk, és ez figyelembe vehető az expozíció probablisztikus számításánál [42].

A számított EDI és ESTI értékeit az ADI, illetve az ARfD értékeihez viszonyítva megbecsülhető az adott felhasználási körülmények között előforduló szermaradékok fogyasztói kockázata.

A számított EDI és ESTI bizonytalanságát [36, 43, 44], valamint az egyes darabos termények variabil-

tási faktor-eloszlását [45] és a szermaradék-eloszlást [46] külön közleményekben ismertettük.

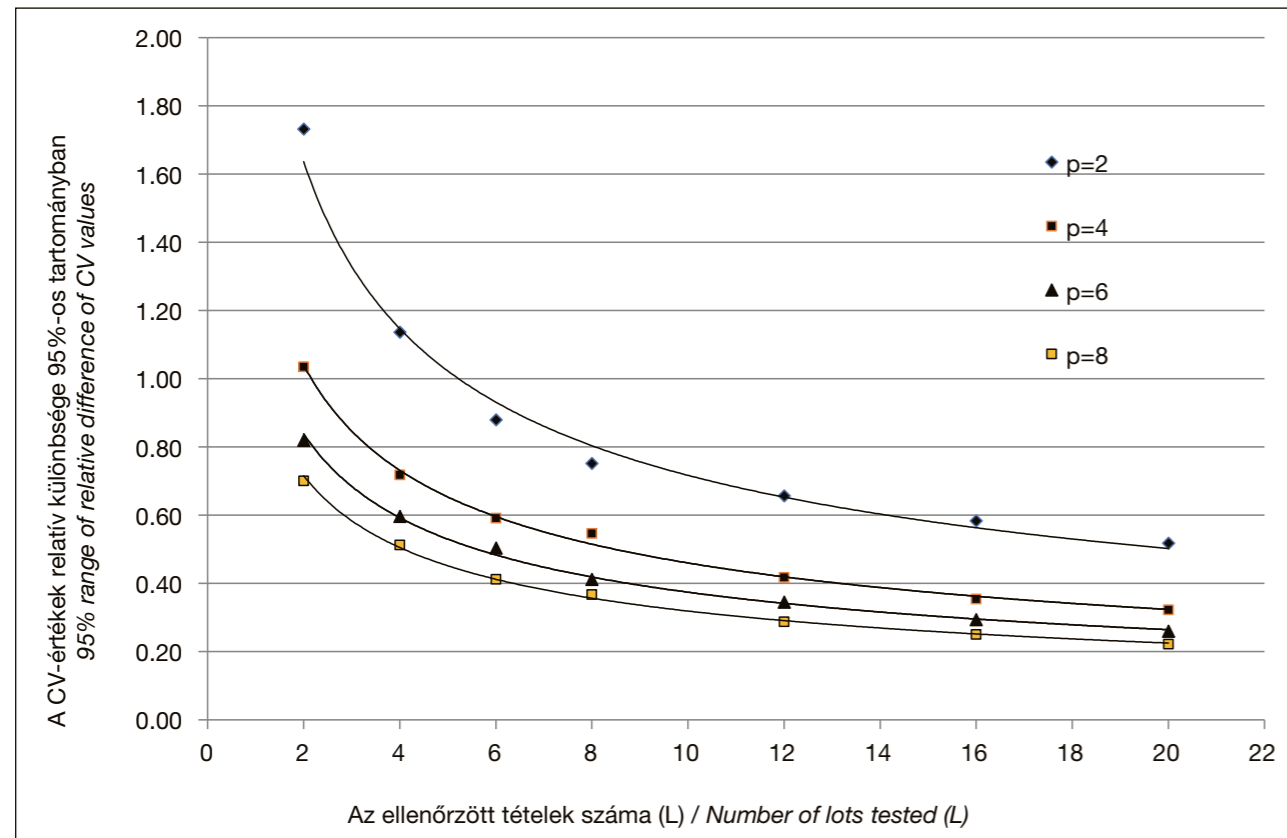
3. Vizsgálati eredmények és értékelésük

3.1. A növényvédőszer-maradék analitikai vizsgálatok

A NÉBIH laboratóriumaiban a leggyakrabban alkalmazott módszer az ún. QuEChERS megfelelő verziója [47, 48, 49], amelyet eddig több mint 650 szermaradékra/metabolitra validáltak [50]. A minta-kivonatok vizsgálatára alkalmazott LC-MS/MS, GC-MS/MS készülékek teljesítménye lehetővé teszi, hogy mintától függően közel 600 hatóanyagot, illetve metabolitot detektáljanak néhány kivételtől eltekintve 0,001-0,01 mg/kg koncentrációsinten. A keresett vegyületek széles köre biztosítja, hogy a mintákban esetlegesen jelenlévő összes detektálható mennyiségű szermaradékot meghatározzák.

A NÉBIH laboratóriumok 2014-2018 között 9883 mintában 266-féle terményben-termékben mintegy 2.348.347 szermaradék meghatározását végezték el¹. Hazai eredetű élelmiszerekben 5.275 mintában 636 különböző szermaradékra és metabolitra közel 1,5 millió vizsgálatot végeztek. Az engedélyezett

¹ Növényvédőszer-maradék vizsgálatot a NÉBIH laboratóriumai mellett termelői vagy forgalmazói megbízás alapján – leggyakrabban a megbízó által benyújtott mintákból – többek között az SGS Hungaria Kft. és a Wessling Hungary Kft. laboratóriumai is végeznek, de az ő eredményeik nem álltak rendelkezésünkre.



5. ábra. A CV értékek 95 %-os tartományának relatív különbsége 10 elemű, 'p' ismétléssel, 'L' számú független tételből vett minták esetén. Forrás: Farkas Zs. PhD doktori értekezés
Figure 5. Relative difference in 95% range of CV values for 10-item replicates of 'p' from 'L' independent lots.
Source: Zs. Farkas PhD Dissertation

határértéket meghaladó szermaradékot 62 minta (1,17%) tartalmazott. Nem volt kimutatható szermaradék a vizsgált szermaradék-minta kombinációk 50,9%-ában. Példa gyanánt az összes élelmiszerekben, valamint néhány zöldség- és gyümölcsmintában mért szermaradék eloszlását a 4. táblázat mutatja. A magyar és az import eredetű 662-féle almamintában 201.923 vizsgálatot keresett szermaradék és a vizsgálatok számát az 5. táblázatban foglaltuk össze. A többi élelmiszermintában hasonló volt a szermaradék-eloszlás.

Különböző bébiételekből 321 mintában 99.117 vizsgálat történt a következő megosztásban: gabona alapú bébiétel (1.392); gyümölcs alapú bébiétel (21.946); gyümölcsdesszert (bébiétel: 301); gyümölcsle, zöldséglé, nektár (bébiétel: 19.008), hal alapú bébiétel (343); hús alapú bébiétel (1.890); keksz, kétszersült, sütemény gyermekek számára (670); paradicsomos burgonya alapú bébiétel (299); sárgarépa alapú bébiétel (293); tea, gyógynövénytea (bébiétel: 1.672), tej alapú ételek gyermekeknek (1.976); tejalapú gyermektápszer (14.114); vegyes összetételű bébiétel (22.623); víz (332); zöldség alapú bébiétel (11.969); zöldséges rizs pulykával (bébiétel: 289). Egyetlen minta sem tartalmazott kimutatható szermaradékot.

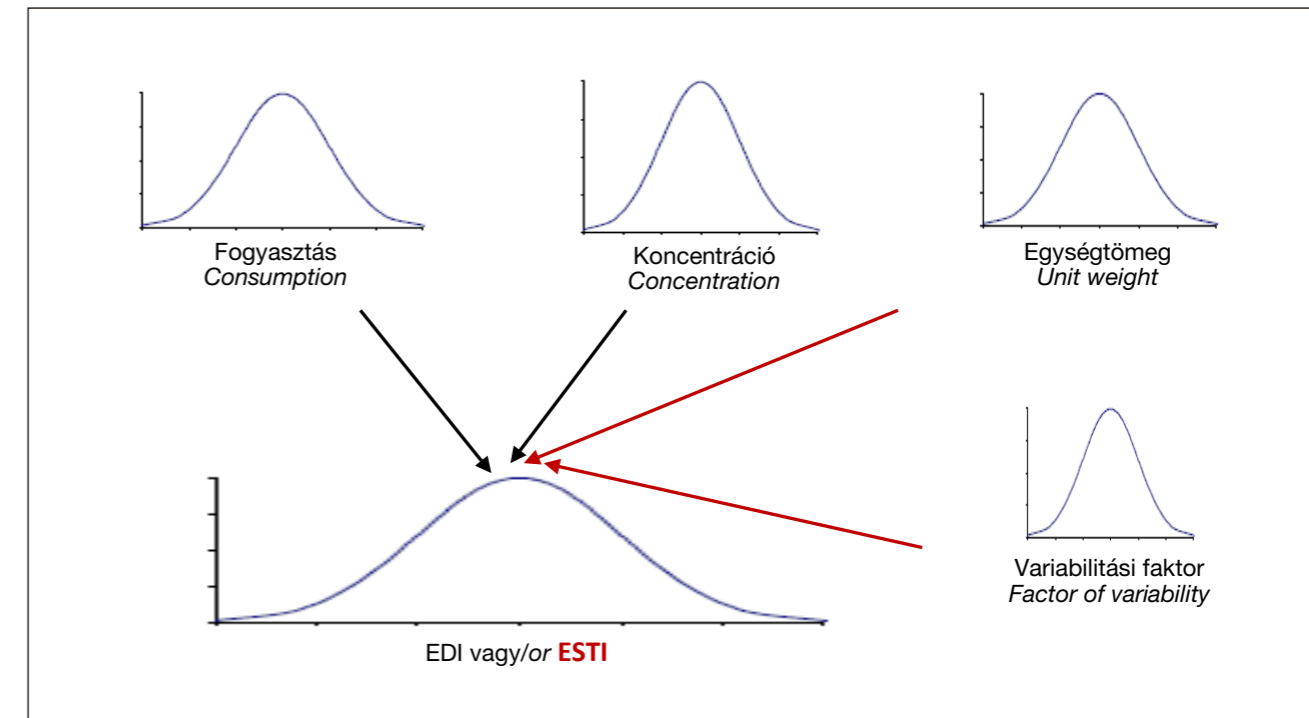
Az értékelt időszakban 160 hazai eredetű termékből vett mintában fordult elő Magyarországon nem engedélyezett növényvédőszer maradéka. A vizsgálatok eredményét a 6. táblázatban foglaltuk össze.

A nem hazai eredetű élelmiszerek 83 különböző országból származtak. A 183-féle termékben 1.399.761 vizsgálatot végeztek el a szakemberek. A határértéket meghaladó, illetve az Európai Unióban nem engedélyezett szermaradékot a minták 0,43%-a, illetve 5,3%-a tartalmazott. A minták 47%-ában nem volt kimutatható szermaradék.

Az engedélyezett határértéket meghaladó szermaradékok, illetve az engedély nélküli növényvédőszer felhasználásából származó maximális szermaradékok napi bevitelét a 2009-es fogyasztói felmérésben [51] regisztrált, kg/ttkg-ban kifejezett, a napi fogyasztás 97,5 percentilise ($F_{0,975}$) közepes méretű termények (például alma, burgonya, csemegegöngy, paprika, paradicsom, uborka), 3-as variabilitási faktor (v) és a mért legmagasabb szermaradék (R_{max}) alapján számítottuk ki:

$$EDI_{max} = F_{0,975} \times R_{max} \times (3) \quad (7)$$

Az ARfD értékét a mért szermaradékok a minták 0,04%-ában haladták meg. A legmagasabb értéket a dimetoát+ometoát szermaradékok esetében tapasztaltuk: uborka- (2,9 ARfD), fejes saláta- (2,8 ARfD), valamint retekmintákban (2,9 ARfD). Tekintettel arra, hogy a napi felvétel során a minta átlagos szermaradékával számoltunk, a variabilitási faktort pedig a teljes, elfogyasztott mennyiségre vonatkoztattuk, az ilyen módon számított expozíció a ténylegesnél valamivel magasabb, ami növeli a becslés biztonságát.



6. ábra. A probablisztikus modellezés elve.
Megjegyzés: A variabilitási faktort és egységtömeget csak az ESTI számításánál vesszük figyelembe
Figure 6. Principle of probabilistic modeling.
Note: The variability factor and unit weight are only taken into account when calculating the ESTI

A hazai eredmények azt jelzik (**6. táblázat**), hogy az elsősorban kiskultúrákban (kis területen termesztett kultúrnövények esetében) nem áll rendelkezésre olyan növényvédőszer-választék, amelynek segítségével a megfelelő növényvédelem biztosítható lenne. Az Európai Unióban engedélyezett hatóanyagok felhasználási körének magyarországi bővítéséhez szükséges szermaradék-vizsgálatok elvégzésére a növényvédőszer forgalmazóinak, a termelői szövetségeknek, a Nemzeti Agrárgazdasági Kamarának, valamint az engedélyező hatóságnak az együttműködése szükséges. Indokoltnak tűnik továbbá tájékoztató anyagok készítése és közreadása a növényvédelmi technológiai hiányokkal érintett termények hatékony növényvédelmének a jelenlegi forgalomban lévő, engedélyezett növényvédő szerek és egyéb növényvédelmi (például biológiai, agrotechnikai) módszerek alkalmazásával történő bemutatására.

Figyelembe véve azt, hogy a termények széles körét lefedő közel tízezer mintában nagy érzékenységgű vizsgálattal keresett több mint 600-féle növényvédőszer-maradék az esetek több mint 99%-ában nem volt kimutatható, továbbá a minták csupán 0,04%-ában tartalmazott az akut fogyasztói kockázatot jelző ARfD érték feletti szermaradékot, biztonsággal megállapíthatjuk, hogy az élelmiszereinkben jelen lévő növényvédőszer-maradékok nem jelentenek kockázatot a lakosság egészségére.

3.1.1. A glifozát szermaradékok értékelése

Mivel a glifozát káros mellékhatásaival kapcsolatban ellentmondásos vélemények látnak napvilágot, ezért a glifozát jelenlegi megítélésének rövid összefoglalóját követően a vizsgálati eredmények részletes értékelésére kerül sor.

6. táblázat. A nem engedélyezett növényvédő szer felhasználásból származó szermaradékok angol megnevezése magyar termékekben (mg/kg)

Table 6. Residues resulting from the unauthorized use of plant protection products in Hungarian products (mg/kg)

Alma / Apple: Chlorpyrifos (0.024, 0.065), Flutriafof (0.044)
Borszőlő / Wine grapes: chlorpyrifos (0.006)
Burgonya / Potato: Chlorpyrifos (0.07, 0.038), Tefluthrin (0.049, 0.067), Haloxyfop (sum) (0.043, 0.053)
Csemegeszőlő / Table grapes: folpet + phthalimide (0.63), tetramethrin (0.26), dimethoate (sum) (0.14)
Fejes saláta / Lettuce: Dimethoate (0.822), Omethoate (0.136), Metobromuron (0.028), Beta-cyfluthrin (0.031), Propizamide (0.076), Chlorpyrifos (0.05, 0.042), Dimethoate / Sum (0.056), Folpet (5, 67), deltamethrin (0.22, 0.17), tebuconazole (0.12), dimethoate / sum (0.046), chlorothalonil (0.66)
Fűszerpaprika, őrölt / Paprika powder: ethion (0,11)
Hónapos retek / Monthly radish: Propamocarb (0.045)
Kajsziarack / Apricots: Acetamidrid (0.019, 0.016), Fluopyram (0.037)
Karalábé / Kohlrabi: Thiamethoxam (0.025), Dimethoate (0.059), Cypermethrin (0.19), Dimethoate (0.01), Chlorpyrifos (0.012), Pyriproxyfen (0.014)
Cauliflower: Thiamethoxam (0.046), Chlorpyrifos (0.015), Dimethoate / Sum: (0.038)
Karfiol / Kale: imidacloprid (0.12), piriproxyfen (0.05)
Körte / Pear: Methoxyphenozide (0.021, 0.095, 0.078), Thiabendazole (1,4)
Köszméte / Gooseberry: Fenvalerate / Isomer: (0.071), Diphenoconazole (0.072, 0.014, 0.065), Cypermethrin (0.027, 0.16), Deltamethrin (0.012), Mycobutyl (0.022), Carbendazim (0.04, 17), Thiamethoxam (0.017), pirimidin (0.33), bupirimate (0.115), etirimol (0.078), captan (0.015)
Meggy / Sour cherries: Diphenoconazole (0.065), Dimethoate (0.052)
Őszibarack / Peaches: (Carbendazim (0.058, 0.013), Taufluvalinate (0.16), Thiocloprid (0.018), Dimethoate (0.01), Tofanate Methyl (0.15, 0.01), Ethofenprox (0.04), Chlorantraniliprole (0.013)
Padlizsán / Eggplant: propamocarb (sum) (0.022)
Paprika / Peppers: cypermethrin (0.05), methomyl (0.11, 0.08), metrafenone (0.057), metaflumizone (0.10), chlorpyrifos-methyl (0.022), chlorfenapyr (0.047), spiromesifen (0.17)
Paradicsom / Tomato: Fonicamid (sum): (1.31), Chlorpyrifos (0.039), Mycobutyl (0.014), Fonicamid (0.22)
Paraj, szárított / Spinach, dried: spiroxamine (0.015), difenoconazole (0.028), spiroxamine (0.008)
Retek / Radishes: chlorpyrifos (0.025), fluopicolide (0.01), propamocarb (0.041), dimethoate / sum (0.91)
Ribiszke / Currants: procimodone (0.015), folpet (0.097)
Sárgabarack / Apricots: carbendazim and benomyl (0.079), chlorpyrifos (0.1), boscalid (0.061, 0.058)
Spenót / Spinach: Deltamethrin (0.14), Acetamidrid (1.6), Clothianidin (0.01), Thiamethoxam (0.01)
Szamóca / Strawberries: Imidacloprid (0.023), Thiophanate Methyl (0.1), Fluopyram (0.14, 0.24), Trifloxystrobin (0.12)
Szilva / Plums: triadimenol (0.014)
Tökmag, héj nélkül / Pumpkin seeds, shelled: dieldrin (0.088)
Tönkölybúza, bio / Spelled wheat, bio: chlorpyrifos-methyl (0,1),
Uborka / Cucumber: Fluopyram (0.013, 0.018, 0.036), Dimethoate (0.075, 0.55, 0.051, 0.049, 0.018, 0.65) Omethoate (0.025, 0.016, 0.04, 0.17), Chlorpyrifos (0.19, 0.024), 0.042, 0.024), methomyl (0.011), thiamethoxam (0.094), dichlorophos (0.12, 0.017, 0.082), chlorpyrifos-methyl (0.037, 0.05.0.031), carbendazim (0.024, 0.037, 0.088.0.037), fluzilazole (0.01), acephate (0.73, 0.19, 0.062, 0.088), methamidophos (0.088, 0.026), procymidone (0.015)
Újhagyma / Spring Onions: Dimethoate (0.006), Penconazole (0.015), Thiametaxam (0.014), Phenhexamide (0.01)

Megjegyzés: A **késsel, vastagon szedett** koncentráció-értékek rövidtávú bevitelre az ARfD %-ában: alma-klórpirifosz: 39%; csemegeszőlő-dimetoat (sum): 43,7; fejes saláta dimetoat: 276% ; paradicsom-flonikamid (sum) 66%, retek-dietoat: 287%; uborka-dimetoat: 288%

Note: Short term **intake of blue, bold** concentration-values in% ARfD: Apple Chlorpyrifos: 39%; table grape dimetoat (sum): 43.7; lettuce dimetoat: 276%; tomato flonicamid (sum) 66%, radish diet: 287%; cucumber dimethoate: 288%

A glifozát hatóanyag tartalmú Roundup az a világszerte legnagyobb tömegben (évi közel 200 millió tonna) alkalmazott totális gyomirtó, amelyet elsődlegesen a genetikailag módosított cirok, cukorrépa, gyapot, kukorica, lencse, és szója termesztésekor alkalmaznak. Ezen kívül felhasználják még a genetikailag nem módosított növények betakarítás előtti deszikkálására, valamint a nem mezőgazdasági területek gyomirtására is. Különösen azon személyek (mezőgazdasági dolgozók, kertészek) egészségét veszélyeztetheti, akik közvetlen érintkezésbe kerülhetnek vele. Kaliforniában 2018-ban több bírósági ítélet született a glifozáttal összefüggésbe hozható Hodgkin-limfómában szenvedők javára [52].

A glifozát Magyarországon is a legnagyobb mennyiségben felhasznált növényvédőszer-hatóanyag. Éves forgalma a 2013-2018 közötti időszakban 890 és 1650 tonna/év között mozgott, ami az összes gyomirtó szer-forgalom 25-40% , a növényvédőszer-forgalomnak pedig a 12-17%-a [53].

A JMPR több alkalommal is értékelte a glifozátot. A 2005. évi újraértékelés (periodic review) során [54] a kísérleti eredmények kimutatták, hogy a betakarítást megelőző 7-14 nappal, 1,4-1,5 kg a.i./ha dózisú kezelés után a kezelt terményekben (árpa, borsó, búza, kukorica, napraforgó, szója, rozs, zab) maximum 5-17 mg/kg glifozát szermaradék volt jelen. A fő metabolit, az AMPA (aminometilfoszfonsav) zömében a kimutatási határ (0,05 mg/kg) alatt volt. A JMPR regionális fogyasztási adatokkal végzett számítása szerint az előbbi szermaradék-szinteket figyelembe véve a becsült napi bevitel kisebb, mint az ADI (1 mg/ttkg) ≤1%-a.

Az EFSA 2019 októberében frissítette a glifozát uniós felhasználási előírásokon alapuló szermaradék-vizsgálattal, valamint az Európai Unió határértékekre vonatkozó értékelését [55]. Az MRL növényi termékekben történő ellenőrzését a glifozát szermaradék mérése alapján, a fogyasztói expozícióbecslést és az állati eredetű élelmiszerek vizsgálatát pedig a glifozát és annak fő metabolitjai (AMPA, N-acetil-glifozát és N-acetil-AMPA) együttes mennyiségének a figyelembevételével javasolták. A betakarítást megelőző 7-14 nappal 0,72-2,16 kg a.i./ha dózisú kezelést követően a kezelt és betakarított terményekben (árpa, borsó, búza, kukorica, napraforgó, szója, rozs, zab) maximum 2-21 mg/kg glifozát szermaradék fordult elő. Az előírás szerint kezelt területeken a másodvetésű növényekben nem várható glifozát szermaradék. (Ilyen értékeléseknél nem beszélhetünk kutatókról!) A kutatás más területeken folyik. A fő metabolit (AMPA) értéke zömmel a kimutatási határ (0,05 mg/kg) alatt volt. Az EFSA Uniós tagországok fogyasztási adataival végzett számítása alapján az előbbi szermaradék-szinteket figyelembe véve a becsült napi glifozát-bevitel az ADI ≤4%-a (az Európai Unióban az ADI=0,5 mg/ttkg). A legmagasabb ESTI a szárított bab fogyasztásából adódott, amely az akut referencia dózis (0,5 mg/ttkg) 80,4%-a.

A glifozátot a WHO és a IARC „valószínűleg karcinogén”-nek minősítette [56], ugyanakkor az Európai Vegyi Anyag Ügynökség (ECHA) úgy foglalt állást, hogy a rendelkezésére álló információk alapján nem indokolt a vegyületet rákkeltőnek minősíteni [57]. Az USA-ban az EPA fenntartotta azon véleményét, miszerint az előírások alapján történő felhasználás nem veszélyezteti a fogyasztók egészségét. Az EFSA állásfoglalása szerint a glifozátnak nincs endokrin károsító hatása [58]. Az ECHA és EFSA szakmai állásfoglalása alapján az Európai Bizottság 2017-ben öt évre meghosszabbította a glifozát európai uniós jóváhagyási státuszát [59]. Ez idő alatt – de legkésőbb a 2022-es lejáratot megelőzően – a teljes dokumentáció újraértékelését el kell végezni. A Bizottság a probléma összetettségére tekintettel kivételesen négy országot (Franciaország, Hollandia, Magyarország, Svédország) bízott meg a glifozáttal kapcsolatos szakanyagok újraértékelésére, amely 2020 elején kezdődik [60]. Az értékelést végző tagállamok elkötelezettek a folyamat teljes átláthatóságának a biztosítása iránt.

Magyarországon jelenleg számos glifozát tartalmú készítmény használata engedélyezett, elsősorban szántóföldön, kertészeti és erdészeti kultúrákban, vetés vagy telepítés előtti, illetve betakarítás utáni totális gyomirtásra. Jelentős a felhasználása továbbá állományszárítóként (deszikkálás) a kukorica-, a napraforgó-, a szója- és a repce-kultúrában, illetve búza és árpa betakarítás előtti gyomirtó szereként.

Tekintettel arra, hogy a glifozát nem szelektív, totális gyomirtó, ezért a gyomnövényektől megvédendő kultúrnövényre – a betakarítás előtti felhasználástól eltekintve – nem kerülhet a hatóanyagból, mert károsítja azt. Ennek megfelelően esetleges elsodródása, valamint a gyümölcsösökben a talaj gyomirtásakor a gyümölcsre jutó szermaradék kivételével egyéb kultúrnövényben, illetve másodvetésű növényekben megjelenő szermaradéka nem várható.

A NÉBIH laboratóriumi glifozát szermaradékra 105-féle termékben (köztük 50-féle élelmiszerben) 560 mintát vizsgáltak a 2014-2018 közötti időszakban (**7. táblázat**). Mérhető szermaradékot három szemes búza- (R<MRL/2), egy-egy borszőlő-, málna- és salátaminta (0,05 mg/kg) tartalmazott. A többi mintában nem volt kimutatható szermaradék (<0,05 mg/kg).

A glifozát szermaradékot (beleértve a metabolitokat is) tartalmazó takarmányból tejbe, zsírba (birka kivételével) nem kerül át mérhető mennyiségű szermaradék. A májban, vesében várható maximális értékek 0,4-0,9 mg/kg, illetve 3-10 mg/kg [55] között mozognak.

Tekintettel arra, hogy Magyarországon genetikailag módosított növényeket (GMO) termesztani nem szabad, továbbá az 50-féle élelmiszerben végzett 324 vizsgálat során összesen hat esetben találtak mérhető mennyiségű szermaradékot a szakemberek, a glifozát hazai felhasználása jelenlegi ismereteink szerint

nagy valószínűséggel nem jár népegészségügyi vagy élelmiszer-biztonsági kockázattal.

Ennek ellenére hangsúlyozzuk, hogy a betakarítást megelőző alkalmazást (deszikkálást, gyomirtást) követően a kezelt terményben előforduló szermaradékok megbízható megítélésére nem rendelkezünk elegendő vizsgálatokkal, mivel a búzában véletlen mintavétel alapján végzett 47 minta vizsgálata csak 60%-os valószínűséggel jelzi, hogy a forgalomba került termények 98%-a megfelel a határérték-előírásnak (3. táblázat).

Az EFSA-értékelésben [55] közreadott nagyszámú szerkísérlet eredményeinek a normál magyar gyakorlatban várható szermaradék-értékekkel történő megerősítésére célszerű a glifozát-maradékok búza (beleértve annak olyan feldolgozott termékei, mint a teljes kiőrlésű búzaliszt, finomliszt, étkezési korpa),

árpa, kukorica, zab betakarítás előtti kezelését követő célzott vizsgálata. A napraforgó- és a kukoricaolaj vizsgálata nem szükséges, mert a feldolgozási kísérletek szerint a poláros molekulákból álló szermaradékok elhanyagolható mennyiségben kerülnek át az olajba.

Javasoljuk továbbá a magyar lakosság expozíciójának pontosabb felmérését, valamint a glifozáttal foglalkozás-szerűen érintkező személyek vérében és vizeletében esetlegesen megjelenő glifozát és fő metabolitjának (AMPA) a szűrővizsgálatát [61, 62].

4. Összefoglalás, javaslatok

A növényvédő szerek napjainkban nélkülözhetetlenek a Föld lakosságának megfelelő minőségű és mennyiségű élelmiszerrel történő ellátásához. Felhasználásuk engedélyezését az Európai Unió és

az OECD vizsgálati útmutatók alapján végzett szél- és körüli vizsgálatok előzik meg. Egy adott vegyületet a hatóságok csak akkor engedélyeznek, ha az adott időpontban rendelkezésre álló tudományos eredmények alapján annak felhasználása nem kockáztatja a fogyasztók egészségét, illetve nem károsítja a környezetet. A felhasználási engedélyt rendszeres időközönként, az új ismeretek, tapasztalatok birtokában felülvizsgálják, indokolt esetben visszavonják, vagy a szer alkalmazását korlátozzák.

A forgalomba kerülő élelmiszerek növényvédőszer-maradék tartalmát hazánkban a NÉBIH laboratóriumi kockázat alapú mintavételi terv alapján vett nagyszámú mintában ellenőrzik a legkorszerűbb vizsgálati módszerekkel, Európa élvonalába tartozó megbízhatósággal. A megbízható eredményekhez elengedhetetlen a szakszerűen, a vonatkozó rendeletek előírásainak megfelelően végrehajtott mintavétel.

Figyelembe véve azt, hogy a termények széles körét lefedő közel tízezer mintában nagy érzékenységű vizsgálatokkal keresett több mint 600 növényvédőszer-maradék az esetek közel 50%-ában nem volt kimutatható, továbbá a minták csupán 0,04%-a tartalmazta az akut fogyasztói kockázatot jelző ARfD érték feletti szermaradékot, biztonsággal megállapíthatjuk, hogy az élelmiszereinkben jelen lévő növényvédőszer-maradékok nem kockáztatják a lakosság egészségét.

A „fekete technológiák”, vagyis a növényvédő szerek engedélykíratban nem szereplő kultúrákban történő felhasználásának a visszaszorítása érdekében szükséges az Európai Unióban engedélyezett hatóanyagok felhasználási körének magyarországi bővítése. Ehhez kapcsolódva a szermaradék-vizsgálatok elvégzéséhez a növényvédő szert forgalmazók, a termelői szövetségek, az agrárkamara és az engedélyező hatóság szorosabb együttműködésére lenne szükség.

Indokoltnak tűnik továbbá olyan tájékoztató anyagok készítése és közreadása, amelyekben a jelenleg engedélyezetten forgalomban lévő növényvédő szerek és a különböző – például biológiai, egyéb agrotechnikai – technológiák helyes alkalmazását mutatják be, különös tekintettel a növényvédelmi technológiai hiányosságokkal érintett növénykultúrákra.

A glifozát káros mellékhatásaival kapcsolatban elmentmondásos vélemények látnak napvilágot. Ezért a glifozát jelenlegi megítélését röviden összefoglalva külön értékeltük a vizsgálati eredményeket. A NÉBIH laboratóriumi glifozát szermaradékokra 105-féle termékben 560 mintát vizsgáltak. Mérhető szermaradékot három szemes búza- (R<MRL/2), egy-egy borszóló-, málna- és salátaminta tartalmazott a módszer kimutatási határán (LOD=0,05 mg/kg). A többi mintában nem volt kimutatható mennyiségű szermaradék (<0,05 mg/kg).

Tekintettel arra, hogy Magyarországon genetikailag módosított (GMO) növények nem termesztettek, továbbá a vizsgált mintákban összesen hat esetben volt mérhető szermaradék, a glifozát hazai felhasználása jelenlegi ismereteink szerint nagy valószínűséggel nem jár népegészségügyi vagy élelmiszer-biztonsági kockázattal.

Az EFSA 2019. évi értékelésében közreadott nagyszámú szerkísérlet eredményeinek a normál gyakorlatban várható szermaradék-értékekkel történő megerősítésére, célszerű lenne a glifozát-maradékok búza (beleértve annak olyan feldolgozási termékeit, mint a teljes kiőrlésű búzaliszt vagy az étkezési korpa), árpa, kukorica, zab betakarítás előtti kezelését követő célzott vizsgálata. A napraforgó- és kukoricaolaj vizsgálata nem szükséges, mert a feldolgozási kísérletek alapján a poláros szermaradékok elhanyagolható mennyiségben kerülnek át az előállított olajba.

Javasoljuk továbbá a magyar lakosság expozíciójának pontosabb, szűrővizsgálati jelleggel történő felmérését, különös tekintettel a glifozáttal foglalkozás-szerűen érintkező személyek vérében és vizeletében esetlegesen előforduló glifozátra és fő metabolitjára (AMPA).

5. Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a NÉBIH vezetőinek és dr. Nagy Attilának a mérési eredmények átadásáért, Kovács Melinda és Mesterházy Ákos professzoroknak, valamint dr. Szeitzné dr. Szabó Máriának a kéziratral kapcsolatos hasznos javaslataikért. Köszönettel tartozunk Tóthné Csáki Katalin könyvtárosunknak a szakirodalom-kutatáshoz nyújtott nélkülözhetetlen segítségéért, valamint Domak Zsuzsanna és Szemánné Dobrik Henriette laborvezetőknek az Európai Unió körvizsgálatok részletes eredményeinek közléséért.

7. táblázat. A NÉBIH laboratóriumaiban glifozát szermaradékokra végzett vizsgálatok
Table 7. Studies on glyphosate residue in the laboratories of the NFCSO

Vizsgált minta Tested samples	Vizsgált minta db Number of tested samples	Vizsgált minta Tested samples	Vizsgált minta db Number of tested samples
Alma / Apple	5	Málna / Raspberry	2
Almalé / Apple juice	2	Meggy / Sour cherry	2
Ánizsmag / Aniseed	2	Müzli / Cereal	4
Árpszem / Barley seed	9	Napraforgó mag / Sunflower seed	3
Banán / Banana	2	Narancs / Orange	13
Borszőlő / Wine grape	2	Nyers tehéntej / Raw cow's milk	14
Burgonya / Potatoes	14	Tej ultrapasztörözött (UHT) 1-3% Milk ultra pasteurized (UHT) 1-3%	1
Búzaliszt / Wheat flour	2	Paradicsom / Tomato	1
Búzaszem / Wheat seed	47	Rizs / Rice	2
Citrom / Lemon	4	Rozsliszt / Rhy flour	10
Csemegekukorica / Sweet corn	1	Rozsszem / Rhy seed	2
Csemegeszőlő / Table grapes	29	Sárgarépa / Carrot	7
Cukkini / Zucchini	2	Sárgarépa ital 100% / Carrot juice 100%	1
Fejes saláta, szabadföldi Field lettuce	1	Sörök / Beers	60
Gabona alapú bébiétel Cereal-based baby food	1	Szamóca / Strawberry	1
Gyümölcslé (zöldséglé, nektár – bébiital) Fruit juice (vegetable juice, nectar - baby drink)	4	Tejalapú gyermektápszer Milk-based baby food	1
Hal / Fish	5	Tönkölybúza / Spelled wheat	2
Kajsziarack / Apricot	1	Uborka / Cucumber	1
Kenyér rozsos / Bread with rye	6	Vegyes összetételű bébiétel Mixed baby food	1
Kivi / Kiwi	5	Víz / Water	4
Köles / Millet		Vöröshagyma / Onion	3
Köles élelmezési célra Millet for food	16	Zabkása / Porridge	2
Kömény / Cumin	1	Zabpehely / Oat flakes	2
Körte / Pear	9	Zöldbab hüvellyel / Green beans, leguminous	1
Kukorica / Corn	19	Zöldhagyma / Green onions	1

Árpád Ambrus¹, Júlia Szenczi-Cseh², Tamás Griff³, Kata Kerekes⁴, Gabriella Miklós⁵, Adrien Vásárhelyi⁶, Tamás János Szigeti⁷

Received: November 2019 – Accepted: February 2020

Food safety assessment of the mycotoxin and pesticide residue contamination of our foods, Part 1. Pesticide residues

KEYWORDS: mycotoxins, pesticide residue, Codex Alimentarius, AMPA, multi-residue method, glyphosate

1. SUMMARY

In the first part of our paper, the regulation of pesticide residues in foods and feeds is presented, as well as the requirements regarding their analytical examination, and the experiences of current domestic practice are analyzed. Based on the analytical results of NÉBIH between 2014 and 2018, the pesticide residue content of the foodstuffs on the market is analyzed and the exposure of Hungarian consumers is estimated in order to facilitate the rational and regular use of pesticides by means of a scientific evaluation of the situation; recommendations are also made.

Based on extensive studies and international information it can be stated that pesticide residues in our foods, including glyphosate residues, do not pose a food safety or public health risk to consumers.

1.1. Abbreviations used in this paper:

ADI: Acceptable Daily Intake

ALARA: As Low As Reasonably Achievable

AMPA: main metabolite of the active ingredient glyphosate

ARfD: Acute Reference Dose

Bw (tt): Bodyweight [kg];

CAC: Codex Alimentarius Commission

CCPR: Codex Committee on Pesticide Residues

EC: European Commission

EDI: Estimated Daily Intake

EFSA: European Food Safety Authority

ÉLB: FCS – Food Safety Database and Information System (Hungarian system);

EPC: European Parliament and Council

ESTI: Estimated Short Term Intake

EU: European Union

DNA: deoxyribonucleic acid

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

GAP: Good Agricultural Practice

GLP: Good Laboratory Practice

HPLC: High Pressure (Performance) Liquid Chromatography

MS/MS: Tandem Mass Spectrometry

IARC: International Agency for Research on Cancer

ISO: International Organization for Standardization

JECFA: FAO/WHO Joint Expert Committee on Food Additives and Contaminants

JMPR: FAO/WHO Joint Meeting on Pesticide Residues

LD₅₀: lethal dose given all at once, which causes the death of 50% (one half) of a group of test animals

LC₅₀: lethal concentration that kills 50% of the test animals during the observation period (used in environmental studies)

LOAEL: Lowest Observed Adverse Effect Level [ppm in feed expressed also in mg a.i./kgbw per day]

LOQ: Limit of Quantification

MRL: Maximum Residue Limit [mg/kg]

NOAEL: No Observed Adverse Level [ppm in feed expressed also in mg a.i./kgbw per day]

NOEL: No Observed Effect Level

OECD: Organisation for Economic Cooperation and Development

P: primary samples

RIVM: National Institute for Public Health and the Environment, the Netherlands

QC: Quality Control

UNEP: United Nation Environment Programme

SFC: European Commission Scientific Committee on Food

STMR: Supervised Trial Median Residue

USA: United States of America

US FDA: US Food and Drug Administration

2. Introduction

The European Food Safety Authority (EFSA) regularly measures the opinion of the population of European Union member states on various food safety risk factors. The 2019 survey [1] reported the results broken down into 15 main groups. Table 1 shows the perception of the four food safety issues the Hungarian public is most interested in, in terms of the percentage of member state populations.

The National Population Roundtable (NKK) has called on relevant organizations and recommended the development of a strategic action plan at the government level to reduce the health and fertility effects of chemicals and toxins of agricultural origin in foods that are consumed daily. The call identified, as major sources of pollution, everyday foods containing mycotoxins and glyphosate residues (cereal based products, beer, soy-containing products, fish, meat and dairy products). The adverse health effects of the above-mentioned substances have been substantiated by reference to several scientific articles.

In our publication, the international and Hungarian regulations on the use of pesticides are summarized. The control system for pesticide residues in foods marketed is presented, as well as the test results. Based on the results, consumer exposure to pesticide residues is analyzed and evaluated and measures are proposed for the rational use of pesticides.

2.1. Regulation of the placing of pesticides on the market and control of their rational use

Intensive large-scale agricultural production today is unthinkable without the use of pesticides, because of the high losses in yield caused by various pests (insects, mites, fungi, weeds, rodents). So-called or-

ganic products and foods produced by organic farming can only satisfy the food needs of a fraction of the growing population of Earth. In order to achieve the proper biological effect, it is necessary that the applied pesticides remain on the surface of, or enter the treated crop. As a result, in many cases, the presence of a certain amount of pesticide residue in the harvested crop is inevitable. For a given pesticide, the primary factors affecting the distribution and average concentration of the pesticide residues are the type of crop treated, environmental conditions, the method of application, weather conditions of the growing period and the time elapsed between the treatment and the harvest [2, 3].

A significant proportion of pesticides is a chemical that is hazardous to various living organisms. Their use is therefore preceded by a variety of biological efficacy, as well as human and environmental toxicology tests, and their authorization is subject to strict conditions in order to ensure that pesticide residues do not adversely affect consumer health or the environment [4, 5, 6, 7]. In all cases, tests before the authorization are performed at GLP-qualified testing laboratories, using state-of-the-art methods approved by the member states of the European Union and/or recommended by OECD specialized working groups [8]. Following the authorization of pesticides, the continuous development of analytical and test methods and the significant increase in their sensitivity lead to new experimental and research results. The results obtained are reviewed at regular intervals at EU and national levels and within the framework of the Codex Alimentarius periodic review program, and the authorization already granted is modified, if necessary, taking into account the risk-benefit ratio.

For decades, Hungary has been at the international forefront of controlling the rational and professional use of pesticides. It should be sufficient to mention the establishment of the county plant protection stations (1954-1955), the launching of postgraduate training in plant protection, the ban on persistent chlorinated hydrocarbons first in the world in 1968, the mercury and arsenic reduction program, and the national pesticide residue analytical network established to ensure proper control (1968-1974) [9]. It is worth noting that the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants on discontinuing the manufacture of persistent pesticides and restricting their use to specific purposes (such as vector control) [10] was only adopted by a majority of UN member states in 2002. During this period, the agricultural use of chlorinated hydrocarbons, triazines and certain phenoxyacetic acid derivatives was banned in many countries. In the framework of the ongoing review program in the European Union, the withdrawal or severe restriction of the use of several active substances (e.g., neonicotinoids, organophosphoric esters) was adopted by the member states.

¹ University of Debrecen, Doctoral School of Nutrition and Food Sciences

² Independent Food Safety Expert

³ National Food Chain Safety Office, Directorate of Plant Protection, Soil Conservation and Agri-environment

⁴ National Food Chain Safety Office, System Management and Supervision Directorate

⁵ Food Chain Safety Office, Regional Food Chain Safety Laboratory

⁶ National Food Chain Safety Office, Food Chain Safety Laboratory Directorate

⁷ WESSLING Hungary Kft.

The toxicity of pesticides is most often characterized by the LD₅₀, LC₅₀, NOAEL, LOAEL, ADI and ARfD values [11]. The toxicity of pesticide active substances on the market varies widely. For example, the ADI values for active substances evaluated by the JMPR in 2018 varied from 0.001 to 4 mg/kgbw. However, the lowest ARfD was 0.003 mg/kgbw and for many compounds it was not necessary to determine an ARfD value, because they did not show acute toxicity in non-target organisms [12]. These toxicological reference values practically cover all pesticide active substances authorized in the European Union [13] and evaluated within the framework of the Codex Alimentarius [14].

Expected pesticide residue levels under the recommended application conditions are estimated by the experts of the national authorization authorities and the JMPR, based on the available biological efficacy studies and experimental results, and the acceptable maximum residue limit (MRL) is determined. The MRL is a legal category, but not a food safety reference value. Use under the proposed crop protection technology is only authorized if the combined concentration of all toxicologically relevant pesticide residues in the harvested produce does not exceed the ADI or ARfD value for average and large portion (97.5 percentile) of the daily consumption. It should be emphasized that, in the case of many pesticides, the composition of the pesticide residues and metabolites to be taken into account when checking the MRL or calculating consumer exposure is different. The value of the latter is obviously always higher, as they contain a larger number of components [15]. Up until 2018, 311 pesticide active substances had been evaluated by the JMPR [16]. The proposal of the scientific body for pesticide residue definition and maximum residue levels is evaluated in several stages by CCPR member countries, and then submitted to the Codex Alimentarius High Commission for adoption [17]. The Codex database contains Codex MRL, ADI and ARfD values [14]. The pesticide residue limit values currently in force in the European Union [18], including Hungary, and toxicological reference values are available on the Commission's website.

Rational use of pesticides in accordance with regulations is checked by testing a large number of samples worldwide [19, 20, 21]. For example, within the framework of the European Union's coordinated monitoring program, which defines the range and number of samples to be tested by member state, more than 84,000 samples were analyzed by the laboratories in 2016 and 2017. 95-98% of the samples contained pesticide residues below the permitted MRLs, and a significant portion of them did not contain any detectable pesticide residue at all [22, 23].

The coordinated monitoring program is complemented by the analysis of roughly another 100,000 samples each year within the national competence of the member states, with similar results. Despite these

known facts, approximately 30-50% of the population of European countries considers the potential presence of pesticide residues in foods to be harmful (Table 1).

The Codex sampling procedure [24] developed for the control of pesticide residues adopted all over the world, including the European Union [25], precisely regulates the the minimum number of primary units and mass of composite sample, in a composite sample, depending on the size and nature of the product sampled. Because there may be up to a 100-fold difference in the pesticide residue content of different fruits and vegetables [2], and the MRL refers to the average pesticide residue concentration of the laboratory sample, correct analytical results can only be obtained if the whole amount of the laboratory sample or, in the case of large products (for example, melon, pumpkin, cabbage), a representative portion is processed, and an appropriate part is extracted. Critical elements and quality assurance of the sampling and the determination process have been discussed in separate publications [26, 27].

2.2. Checking the conformity of produce on the market

Legal maximum residue limits (MRL) refer to the average concentration of the sample taken in accordance with the standard from a lot on the market. If, taking into account the measurement uncertainty, the average concentration measured in the sample does not exceed the MRL, the product may be marketed. However, a valid conclusion regarding the average contamination of a lot cannot be drawn on the basis of a single sample. For example, if the measured pesticide residue or mycotoxin contamination is equal to the legal limit, then large proportion of the sampled lot may contain them at higher concentration due to their heterogeneous distribution and the uncertainty of the analytical measurements. Farkas et al. [28] found that if during pre-marketing self-control the pesticide residue content of a composite sample taken in accordance with the standard from medium, small and large products does not exceed 30% and 25% of the MRL, respectively, then, in case of repeated sampling, the marketed product will have a 95% probability of complying with MRL.

2.2.1. Quality assurance of pesticide residue analysis in foods

In Hungary, official control of the pesticide residue concentration of agricultural crops, foodstuffs and feedstuffs on the market is carried out by the national reference laboratory and three regional authority analytical laboratories of the National Food Chain Safety Office (NÉBIH); within the framework of targeted sampling programs, pesticide residues are also investigated in soils and surface waters in certain cases.

The laboratories are accredited according to standard MSZ EN ISO/IEC 17025:2018 (hereinafter ISO 17025), and the laboratory in Szolnok is also certified in the GLP quality system. Requirements for obtaining reliable results and the methods for statistical evaluation of quality assurance results are discussed in a separate paper [26, 27].

The laboratories performing official control are required to participate in European proficiency tests, in which, depending on the sample type, they are required to determine qualitatively and quantitatively approximately 20 of the 90 to 230 predetermined pesticide residues that are actually present in the sample. The organizers evaluate the results using robust statistical methods [29], and determine the expected value (μ) and the characteristic standard deviation of the measurements (σ). The reported concentration (x_i) is used to calculate the standard normal variate of the given component:

$$z_i = \frac{x_i - \mu_i}{\sigma} \quad (1)$$

In the next step, the average Z value is calculated by averaging the squares of the Z values obtained for each component:

$$AZ^2 = \frac{\sum_{i=1}^n z_i^2}{n} \quad (2)$$

If the AZ value is <2, the result is good, $2 \leq AZ \leq 3$ is acceptable, while $AZ > 3$ is unacceptable and the laboratory is not awarded an 'A' classification. Based on the evaluation method it is clear that laboratories with a score of $Z < 1$ are „rewarded”, while those with a score of $Z > 2$ are „penalized”.

All four laboratories of NÉBIH regularly achieve excellent results in the 6 to 8 annual proficiency tests; examples are shown in Figures 1-3. The laboratory that achieves the best average result in two consecutive years is awarded the Arné Arnold prize, named after a Swedish analyst who passed away at a young age. The laboratories in Miskolc and Velence have been first of the 110 to 170 participating European laboratories four times on three topics in recent years.

2.2.2. Processing the test results, risk-based planning of sampling

Since 1978, the large number of pesticide residue test results are evaluated by computerized processing. The program has expanded over the years in proportion to the performance increase of computers. The ÉLB program currently used allows us to store, download using given filters and statistically evaluate all information related to sampling and the sampled products, the analytical parameters and performance characteristics.

The risk-based sampling plan for pesticide residue tests is prepared using a three-stage model (Figure 4) by a working group of experts from different dis-

ciplines. To determine analytical priority, the model uses data from existing authorization dossiers (pesticide residue distribution, ARfD, ADI) for new products, and also previous analytical results of individual pesticide residue-sample combinations for products already used in agricultural practice [30, 31]. For this purpose, a separate query format was created (Table 2), in the background of which the program automatically calculates the main weighting factors and basic data.

Depending on the calculated factor, the model offers three options for the pesticide residue analysis of the given crop:

1. No pesticide residue test is required;
2. Regular monitoring is required;
3. Targeted sampling and analysis is recommended.

Laboratories determine the total pesticide residues present in a product or food included in the test program by a *multi-residue* method (co-testing of several active substances). The number of samples to be tested is optimized by taking into account the calculated weighting factors and the available laboratory capacity. The number of primary samples taken for testing and their minimum weight of sample are subject to the provisions of FVM decree 66/2010 [32].

The number of random samples required to detect the selected percentile (β_p) of pesticide residue values with a certain probability (β_t) is calculated from the binomial distribution [24]:

$$\beta_t = 1 - \beta_p^n \quad n = \frac{\lg(1 - \beta_t)}{\lg \beta_p} \quad (3)$$

Assuming that the amount of pesticide residues in the marketed lots is \leq MRL in 98% of the cases, then at least 149 lots must be sampled at random in order to find pesticide residues exceeding the limit value in at least one sample with a probability of 95%. The reverse of this statement is also true, that is, if none of the 149 randomly selected batches contains pesticide residues exceeding the limit value, then it can be stated with a probability of 95% that more than 98% of the batches contains less pesticide residue than the limit value.

Ideally, the number of samples to be tested according to the calculated weighting factors (F) is shown in Table 3. The sample numbers given in the table are also suitable for estimating the probability of correctness of conclusions drawn from the monitoring results.

The number of samples depends on the available sampling and laboratory capacity and the financial means. If one of the sources is insufficient, then the critical crop-pesticide combination takes prece-

dence, so that the number of samples of other crops is reduced proportionally to the factor.

For targeted analysis, it is advisable to take two independent samples each from ≥ 8 randomly selected areas with known pesticide treatment. According to the research of Farkas [33] et al. [34], analysis of samples taken from more than twenty areas (Figure 5) practically does not affect the reliability of the obtained results.

2.2.3. Methods for estimating consumer exposure

The extent to which the population is exposed by toxic substances in foods estimated daily intake (EDI) is determined using a deterministic or probabilistic method. Probabilistic estimations are routinely used only in the USA so far, the European Union is in the process of finalizing this procedure, taking into account the experience of a number of publications published in the meantime [35].

The average daily exposure of consumers is calculated using a deterministic method, i.e., by taking into account the average mass of each foodstuff consumed on a given day (F_i , g/kgbw) and the median pesticide residue values measured in the composite samples (M_{ex} , mg/kg). The calculation takes into account the supervised trial median residue (STMR) value obtained from the pre-authorization pesticide experiments [15]. The simplified calculation is shown in Equation 4.

$$EDI = \sum (R'_{exi} \times F_i) \text{ vagy } \sum (STMR'_i \times F_i) \quad (4)$$

The value of R'_{exi} , which is the pesticide residue concentration determined for the risk assessment of the raw product [36], is determined by the JMPR, EFSA and the national authorization bodies on the basis of pesticide experiments and toxicological studies. Monitoring tests are carried out to verify compliance with the permitted limit values. In cases where the pesticide residue definition used for risk assessment differs from that defined for monitoring tests, the monitoring results first have to be modified on the basis of the available experimental results, according to the concentration ratio of the two pesticide residue definitions [30]. The R'_{exi} also includes the pesticide residue value modified by the processing factor (Pf):

$$R'_{exi} = R_{exi} + Pf_i \times R_{exi} \quad (5)$$

Processing factors are expressed as the quotient of the pesticide residue (test compound) in the processed product (C_p) and the starting raw material (C_0): $Pf = C_p/C_0$. Experimental data for Pf values can be found in JMPR assessments, EFSAT Scientific Opinions and in the publication of BfR [37].

The amount of toxic substances that are sometimes ingested with large amounts of food (estimated short-term intake, ESTI) is taken into account with the 97.5 percentile of the food consumed over 24 hours. Given that if a person consumes much more of a certain food than the average, then he or she is not expected to eat much other food, therefore, short-term (acute) exposure is calculated separately for each food and the highest of the values obtained is taken into account and compared to the ARfD value.

ESTI [mg/kgbw] is calculated by the following formula:

$$ESTI = \frac{U_e \times HR \times v + (LP - U_e) \times HR}{ttkg} \quad (6)$$

In the formula, U_e is the weight of the produce/food consumed [kg], HR is the maximum pesticide residue concentration observed in the pesticide experiments or monitoring studies [mg/kg]; v is the so-called dimensionless variability factor, which is the quotient of the 97.5 percentile concentration of the pesticide residue measured in the individual produce and the average pesticide residue content of the lot, which is represented by the average pesticide residue content of the composite sample taken from it; LP is the 97.5 percentile of the amount of the given food consumed over 24 hours per kilogram of bodyweight [kg].

To determine EDI and ESTI deterministically, an Excel-based calculation model based on WHO international consumption data was developed by experts from the Dutch RIVM institute. To calculate EDI, countries with nearly the same consumption habits are divided into 17 groups by the model, while to calculate ESTI, LP and body weight data provided by Codex member countries are used [38]. These models are used by the JMPR to calculate the consumer risk of the evaluated pesticides. Experts in the European Union use an Excel-based program (Primo 3.1) containing consumption data for the 27 member states, and this program can calculate both EDI and ESTI [39]. Under current regulations, a pesticide is only authorized within the European Union if the amount of pesticide residues in foods under the proposed conditions of use does not pose a risk to the population of any country.

Equation 6 gives a specific estimate for consumer exposure, covering 97.5% of consumers of a given food, but it does not provide information on the distribution of the exposure. Therefore, to estimate exposure to different chemical contaminants and pesticide residues more accurately, probabilistic methods should be used. The advantage of this procedure is that it enables the estimation of the distribution of the exposure of a particular consumer group, taking into account the differences between the consumptions of different individuals and between the daily consumptions of the same individual, as well as the measured concentrations of the contaminants.

The probabilistic method for determining the exposure of Hungarian consumers was developed by Zentai et al. [40, 41]. The principle of the model is shown in Figure 6.

When calculating acute exposure, it should be taken into account that the pesticide residue content of individual crops from the same growing area varies widely, sometimes even by a factor of 100 [3]. There is also a significant difference in the individual weight of the crops. This means that fruits and vegetables of different size and pesticide residue content can be consumed on the same day, and this can be taken into account in the probabilistic calculation of exposure [42].

Comparing the calculated EDI and ESTI values to the ADI and ARfD values, the consumer risk of pesticide residues under the particular conditions of use can be estimated.

The uncertainties of the calculated EDI and ESTI [36, 43, 44], as well as the variability factor distribution [45] and pesticide residue distribution [46] of individual crops were reported in separate publications.

3. Analytical results and their evaluation

3.1. Pesticide residue analytical tests

The most commonly used method in the laboratories of NÉBIH is the appropriate version of the so-called QuEChERS [47, 48, 49], which has been validated for more than 650 pesticide residues/metabolites so far [50]. The performance of the LC-MS/MS and GC-MS/MS instruments used for the analysis of the sample extracts allows, depending on the sample, the detection of nearly 600 active substances and metabolites, with a few exceptions at concentration levels ranging from 0.001 to 0.01 mg/kg. The broad range of the compounds sought ensures that all detectable amounts of pesticide residues that may be present in the samples are determined.

Between 2014 and 2018, the laboratories of NÉBIH carried out the analysis of approximately 2,348,347 pesticide residues in 9,883 samples of 266 types of crops/products¹. Almost 1.5 million analyses of pesticide residues and metabolites were performed for 636 different pesticide residues and metabolites in 5,275 food samples of Hungarian origin. Pesticide residues exceeding the MRLs were found in 62 samples (1.17%). There was no detectable pesticide residue in 50.9% of the pesticide residue-sample combinations tested. As an example, the pesticide residue distributions in all foods, as well as in some fruit and vegetable samples are presented in Table 4. The pesticide residues sought in 662 Hungarian and imported apple samples by 201.923 analyses and the

number of tests are summarized in Table 5. The pesticide residue distribution was similar in all other food samples.

99,117 analyses of 321 baby food samples were carried out in the following distribution: cereal-based baby food (1,392); fruit-based baby food (21,946); fruit dessert (baby food: 301); fruit juice, vegetable juice, nectar (baby drink: 19,008), fish-based baby food (343); meat-based baby food (1,890); biscuit, zwieback, cake for children (670); tomato potato-based baby food (299); carrot-based baby drink (293); tea, herbal tea (baby drink: 1,672), milk-based foods for children (1,976); milk-based infant formula (14,114); mixed baby food (22,623); water (332); vegetable-based baby food (11,969); turkey with vegetables and rice baby food (289). None of the samples contained detectable amounts of pesticide residues.

In the period under review, residues of pesticides not authorized in Hungary or in the given product were found in samples taken from 160 products of Hungarian origin. Analytical results are summarized in Table 6.

Foods of non-Hungarian origin came from 83 different countries. A total of 1,399,761 analyses have been performed on 183 products. Pesticide residues exceeding the limit value or not authorized in the European Union were found in 0.43% and 5.3% of the samples, respectively. In 47% of the samples there was no detectable pesticide residue.

Daily intakes of pesticide residue in excess of the permitted limit values and maximum pesticide residues resulting from the use of unauthorized pesticides were calculated on the basis of consumption data registered in the 2009 consumer survey [51]. The 97.5 percentile of the daily consumption expressed in kg/kgbw ($F_{0.975}$), for medium sized crops (e.g., apples, potatoes, table grapes, peppers, tomatoes, cucumbers), was calculated with the variability factor (n) of 3 and the highest observed pesticide residue (R_{max}).

$$EDI_{max} = F_{0.975} \times R_{max} \times (3) \quad (7)$$

The ARfD value was exceeded by the measured pesticide residues in 0.04% of the samples. The highest values were observed for the pesticide residues dimethoate and omethoate: in samples of cucumber (2.9 ARfD), lettuce (2.8 ARfD) and radish (2.9 ARfD). Given that the average pesticide residue of the sample was used when calculating the daily intake and the variability factor referred to the total amount consumed, the exposure calculated in this way is slightly higher than the actual one, which increases the reliability of the estimation.

¹ Besides the laboratories of NÉBIH, pesticide residue analyses are also carried out, on behalf of producers and distributors, typically on samples provided by the customer, by the laboratories of SGS Hungária Kft. and WESSLING Hungary Kft., among others, but their results were not available to us.

Hungarian results indicate (**Table 6**) that there is not sufficient plant protection products available in small-scale cultivated plants (grown in small areas) that would ensure adequate plant protection. In order to carry out the pesticide residue analyses necessary to expand the scope of the Hungarian use of active substances authorized in the European Union, the cooperation of pesticide distributors, producer associations, the Hungarian Chamber of Agriculture and the authorization body is necessary. It also seems appropriate to prepare and publish information material on the effective crop protection of crops affected by plant protection technology deficiencies using currently authorized and marketed pesticides and other plant protection methods (e.g., biological, agrotechnical).

Considering that, in more than 99% of the cases, the more than 600 pesticide residues sought by highly sensitive analyses in nearly ten thousand samples covering a wide range of crops could not be detected, and that only 0.04% of the samples contained pesticide residues exceeding the ArfD value indicating acute consumer risk, it can be safely concluded that the pesticide residues present in our foods do not pose a risk to public health.

3.1.1. Evaluation of glyphosate residues

Since most often contradictory opinions are published regarding the adverse side effects of glyphosate, following a brief summary of the current view on glyphosate, a detailed evaluation of analytical results is presented.

Glyphosate-containing Roundup is the total herbicide used in the largest amount in the world (almost 200 million tonnes per year), used primarily for growing genetically modified sorghum, sugar beet, cotton, corn, lentils and soy. It is also used for the desiccation of non-GM crops before harvest, as well as the weed control of non-agricultural areas. It may endanger specifically the health of persons (agricultural workers, gardeners) who may come into direct contact with it. In California, in 2018, there have been several court rulings in favor of patients with Hodgkin's lymphoma associated with glyphosate [52].

Glyphosate is the most widely used pesticide active ingredient in Hungary as well. Its annual turnover in the period between 2013 and 2018 ranged from 890 to 1650 tonnes/year, representing 25-40% of the total herbicide turnover and 12-17% of the pesticide turnover [53].

Glyphosate has been evaluated several times by the JMPR. During the 2005 periodic review [54], experimental results showed that after a treatment with 1.4-1.5 kg a.i./ha rate 7 to 14 days prior to harvest, maximum glyphosate residues of 5-17 mg/kg were present in the treated produce (barley, peas, wheat, corn, sunflower, soy, rye, oats). The concentration of

the major metabolite, AMPA (aminomethylphosphonic acid) was typically below the limit of detection (0.05 mg/kg). According to the calculation of the JMPR that used regional consumption data, taking into account the above pesticide residue levels, the estimated daily intake less than 1% of the ADI (1 mg/kgbw).

In October 2019, the EFSA updated its assessment of pesticide residues based on EU glyphosate usage regulations and European Union MRL [55]. The checking of MRL in plant products was recommended on the basis of glyphosate residue analysis, while consumer exposure assessment and the analysis of foods of animal origin was recommended by taking into account the combined amount of glyphosate and its major metabolites (AMPA, N-acetylglyphosate and N-acetyl-AMPA). Following treatment of 0.72-2.16 kg a.i./ha 7 to 14 days prior to harvest, in treated and harvested crops (barley, peas, wheat, corn, sunflower, soy, rye, oats) a maximum of 2-21 mg/kg glyphosate residues were found. Glyphosate residues were not expected in secondary crops in areas treated according to the use recommendations. The amount of the major metabolite (AMPA) was predominantly below the limit of detection (0.05 mg/kg). According to the calculation of the EFSA, which used the consumption data of EU member states, taking into account the above pesticide residue levels, the estimated daily glyphosate intake was $\leq 4\%$ of the ADI (in the European Union ADI=0.5 mg/kgbw). The highest ESTI resulted from the consumption of dried beans, which was 80.4% of the acute reference dose (0.5 mg/kgbw).

Glyphosate has been classified by the WHO and IARC as „probably carcinogenic” [56]. However, based on the available information the European Chemicals Agency (ECHA) concluded that there is no reason to classify glyphosate as a carcinogen [57]. In the USA, the EPA has maintained its view that use according to the regulations does not endanger consumer health. According to the EFSA, glyphosate has no endocrine disrupting properties [58]. Based on the professional opinion of the ECHA and the EFSA, in 2017 the European Commission extended the EU approval status of glyphosate for five years [59]. During this time, but no later than the 2022 expiration, a full reevaluation of the dossier should be carried out. Given the complexity of the problem, in an extraordinary step, four countries (France, the Netherlands, Hungary, Sweden) were charged by the commission to reevaluate glyphosate-related material starting in early 2020 [60]. The evaluating member states are committed to ensuring the full transparency of the process.

Currently there are numerous glyphosate-containing products authorized for use in Hungary, primarily on arable lands, in horticulture and forestry, and for total weed control before sowing or planting and after harvest. It is also used extensively as a desiccant in corn, sunflower, soy and rapeseed crops, and as a herbicide before the harvest of wheat and barley.

Given that glyphosate is not a selective herbicide, but a total one, the crop to be protected from weeds cannot come in contact with the active substance, apart from its use before the harvest, because of its harmful effects. Accordingly, with the exception of its possible drifting or getting pesticide residues on the fruit in orchards during ground weed control, no residues are expected in other crops or in secondary crops.

The laboratories of NÉBIH analyzed 560 samples of 105 types of products (including 50 foods) for glyphosate residues between 2014 and 2018 (**Table 7**). Measurable amounts of pesticide residue were found in three wheat grain ($R < MRL/2$), a wine grape, a raspberry and a lettuce sample (0.05 mg/kg). The remaining samples contained no detectable pesticide residues (< 0.05 mg/kg).

Measurable amounts of the pesticide residue are not transferred from feedstuffs that contain glyphosate (including the metabolites) to milk or fat (with the exception of sheep). Maximum expected values in liver and kidney are in the 0.4-0.9 mg/kg and 3-10 mg/kg range, respectively [55].

Considering that genetically modified plants (GMO) are not allowed to be grown in Hungary, and that during 324 analyses of 50 foods measurable amounts of pesticide residues were only found in a total of six cases, to the best of our knowledge, the Hungarian use of glyphosate is unlikely to cause a public health or food safety risk.

Nevertheless, we would like to emphasize that we do not have sufficient data to reliably estimate the amount of pesticide residues in treated crops following application before the harvest (desiccation, weed control), since the analysis of 47 randomly taken wheat samples only indicates with a 60% probability that 89% of the marketed produce complies with the limit value (**Table 3**).

To confirm the results of the large number of pesticide experiments published in the EFSA evaluation [55] with pesticide residue values expected in normal Hungarian practice, targeted analysis of glyphosate residues in wheat (including its processes products such as whole grain wheat flour, wheat flour, bran), barley, corn and oats following treatment before the harvest is recommended. Sunflower and corn oil analyses are not necessary because processing experiments have shown that the polar molecules of pesticide residues are transferred to the oils to a negligible extent.

We also recommend a more accurate assessment of the exposure of the Hungarian population, as well as the screening for the possible appearance of glyphosate and its major metabolite (AMPA) in the blood and urine of people who are professionally exposed to glyphosate [61, 62].

4. Summary, recommendations

Today, pesticides are indispensable for providing Earth's population with food of sufficient quality and quantity. Their authorization for use is preceded by extensive testing based on EU and OECD test guidelines. A given compound is only authorized by the relevant bodies if, on the basis of the scientific results available at that time, its use does not endanger the health of consumers or damage the environment. Licenses are reviewed at regular intervals in the light of new knowledge and experience, revoked if justified, or the application of the substance is restricted.

In Hungary, the pesticide residue content of the foodstuffs marketed is checked by the laboratories of NÉBIH in a large number of samples taken on the basis of a risk-based sampling plan, using state-of-the-art test methods and the highest reliability in Europe. For reliable results, professional sampling performed in accordance with the relevant regulations is essential.

Considering that in almost 50% of the cases the more than 600 pesticide residues sought in nearly ten thousand samples covering a wide variety of crops could not be detected using highly sensitive analyses, and that only 0.04% of the samples contained pesticide residues in amounts exceeding the ArfD value indicating acute consumer risk, we can safely say that the pesticide residues present in our foods do not pose a risk to the health of the population.

In order to reduce the use of „black technologies”, i.e., the use of pesticides in crops not included in their licensing document, it is necessary to expand the use of active substances authorized in the European Union in Hungary. In this context, a closer cooperation is needed between pesticide distributors, producer associations, the chamber of agriculture and the licensing authority to carry out pesticide residue analyses.

It also seems justified to prepare and publish information material on the correct use of currently authorized pesticides and various, such as biological or other agrotechnical technologies, with special emphasis on crops affected by plant protection technological deficiencies.

There are contradictory opinions about the adverse side effects of glyphosate. For this reason, after briefly summarizing the current view of glyphosate, analytical results were evaluated separately. 560 samples of 105 types of products were analyzed for glyphosate residues by the laboratories of NÉBIH. Measurable residues were found in three wheat grain ($R < MRL/2$), a wine grape, a raspberry and a lettuce sample at the detection limit of the method (LOQ=0.05 mg/kg). There were no detectable residues in the other samples (< 0.05 mg/kg).

Considering the genetically modified plants (GMOs) cannot be cultivated in Hungary, and that there were a total of six cases among the samples analyzed that contained measurable amounts of glyphosate residues, according to our current knowledge, the domestic use of glyphosate is unlikely to pose a risk to public health or food safety.

To confirm the results of the large number of pesticide experiments published in the 2019 EFSA evaluation with pesticide residue values expected in normal practice, targeted analysis of glyphosate residues in wheat (including its processed products such as whole grain wheat flour and bran), barley, corn and oats following treatment before the harvest is recommended. Sunflower and corn oil analyses are not necessary because processing experiments have shown that the polar molecules of pesticide residues are transferred to the oils to a negligible extent.

We also recommend a more accurate assessment of the exposure of the Hungarian population using screening methods, with special emphasis on the possible appearance of glyphosate and its major metabolite (AMPA) in the blood and urine of people who are professionally exposed to glyphosate

5. Acknowledgement

The authors would like to thank the management of NÉBIH and dr. Attila Nagy for providing the test results, professors Melinda Kovács and Ákos Mesterházy, as well as dr. Szeitzné dr. Mária Szabó for their helpful suggestions regarding the manuscript. We are grateful to our librarian Katalin Tóthné Csáki for her indispensable help in literature research, and to heads of laboratory Zsuzsanna Domak and Henriette Szemánné Dobrik for providing the detailed results of the European Union proficiency tests.

6. References

- [1] EFSA, (2019): Eurobarométer (2019): <https://www.efsa.europa.eu/en/interactive-pages/eurobarometer-2019> (Hozzáférés / Aquired: 12. 07. 2019)
- [2] Horváth, Zs., Ambrus, Á., Mészáros, L., Braun, S. (2013): Characterization of distribution of pesticide residues in crop units. *Environ. Sci and Health, B*, 48, 615-625.
- [3] Ambrus, Á., Horváth, Zs., Farkas, Zs., Szabó, I.J., Dorogházi, E., Szeitzné-Szabó, M. (2014): Nature of the field-to-field distribution of pesticide residues. *J. Environ. Sci. and Health, B* 49, 229-244.
- [4] Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority (APVMA) (2016): Publications and Guidelines <https://apvma.gov.au/node/20031> (Hozzáférés / Aquired: 11. 10. 2019)

- [5] Environmental Protection Agency (EPA) (2017): Pesticides: Regulation of pesticides, <http://npic.orst.edu/reg/intreg.html> (Hozzáférés / Aquired: 11. 12. 2019)
- [6] Humphrey, P., Margerison, S., van der Velde-Koerts, T., Doherty M.A., & Rowland, J. (2017) Principles of safety assessment of pesticides at national levels. in *Food Safety Assessment of Pesticide Residues*, Ambrus, Á. & Hamilton D. (Eds), World Scientific Publishing Europe Ltd., London, pp 37-112.
- [7] EPC. (2005): Regulation (EC) No 396/2005 of The European Parliament and of the Council of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EEC (2005) *OJ. L* 70, 1-16.
- [8] Solecki R., Schumacher, D.M., Pfeil, R., Bhula, R., MacLachan, D.J., OECD Documents and Test Guidelines. (2017): in *Food Safety Assessment of Pesticide Residues*, Ambrus, Á. & Hamilton, D. (Eds), World Scientific Publishing Europe Ltd., London, pp 13-36.
- [9] Eke, I. (2015): A magyar növényvédelem aranykora. *Magyar mezőgazdaság*, 69. 46, 20-22.
- [10] UNEP, Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (Pops) (2002): https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/treaties/en/unep-pop/trt_unep_pop_2.pdf (Hozzáférés / Aquired: 06. 11. 2019)
- [11] Hamilton, D., Yoshida, M., Wolternik, G., Solecki, R. Evaluation of pesticide residues by FAO/WHO JMPR. (2017): in *Food Safety Assessment of Pesticide Residues*, Ambrus, Á. & Hamilton, D. (Eds) World Scientific Publishing Europe Ltd., London, 113-196.
- [12] FAO. (2019): Pesticide residues in food — Report 2018. FAO Plant Production and Protection Paper 234. 393-412. Available at <http://www.fao.org/agriculture/crops/core-themes/theme/pests/jmpr/jmpr-rep/en/> (Hozzáférés / Aquired: 07. 10. 2019)
- [13] EU Pesticide Database, <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=activesubstance.selection&language=EN> (Hozzáférés / Aquired: 20. 12. 2019)
- [14] Codex Alimentarius. Pesticide Index. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/pesticides/en/> (Hozzáférés / Aquired: 11. 12. 2019)
- [15] Ambrus, Á. (ed.). (2016): “FAO manual on the submission and evaluation of pesticide residues data for the estimation of maximum residue levels in food and feed.” FAO Plant Production and Protection Paper 225. Rome, 3rd edition, Chapter 4.

- [16] FAO. Pesticide Residues in Food – Evaluations, FAO Plant Production and Protection Paper Series, Available at <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/jmpr/jmpr-rep/en/> (Hozzáférés / Aquired: 15. 09. 2019)
- [17] Yamada Y. Importance of Codex Maximum Residue Limits for Pesticides for the health of Consumers and International trade, (2017): in *Food Safety Assessment of Pesticide Residues*, Ambrus, Á. & Hamilton, D. (Eds), World Scientific, New Jersey, 269–282.
- [18] EPC. (2005): Az európai parlament és a tanács 396/2005/EK rendelete a növényi és állati eredetű élelmiszerekben és takarmányokban, illetve azok felületén található megengedett növényvédőszer-maradékok határértékéről, valamint a 91/414/EGK tanácsi irányelv módosításáról (EGT vonatkozású szöveg). *OJ. L* 70, 1-49.
- [19] EPC. (2017): Commission Implementing Regulation (EU) 2017/660 of 6 April 2017 concerning a coordinated multiannual control programme of the Union for 2018, 2019 and 2020 to ensure compliance with maximum residue levels of pesticides and to assess the consumer exposure to pesticide residues in and on food of plant and animal origin. *OJEU* 94. 12-25.
- [20] US Food and Drug Administration. „Pesticide Residue Monitoring Program”. (2017): <https://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/Pesticides/ucm2006797.htm> (Hozzáférés / Aquired: 10. 10. 2019)
- [21] Ministry of Health, Labour and Welfare, Agricultural Chemical Residues in Foods, https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/zanryu/index_00016.html (Hozzáférés / Aquired: 25. 10. 2019)
- [22] EFSA. (2017): “The 2015 European Union report on pesticide residues in food”. *EFSA J.* 15(4): 4791, 134 pp.
- [23] EFSA. (2019): Scientific report on the 2017 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA J.* 17(6) 5743, 152 pp.
- [24] CAC (Codex Alimentarius Commission). (1999): CAC GL 33/1999 Recommended methods of sampling for the determination of pesticide residues for compliance with MRLs.
- [25] EPC. Commission Directive 2002/63/EK (2002): Establishing community methods of sampling for the official control of pesticide residues in and on products of plant and animal origin and repealing Directive 79/700/EEC. *Official Journal of the European Communities* 187:30–43.
- [26] Ambrus, A; Suszter, G. Quality control and Quality Assurance, (2019): in *Analysis of pes-*

- ticides in Food and Environmental Samples*, Toledo, J (ed), CRC Press, Roca Baton, 135-173.
- [27] Ambrus, Á., Kerekes, K. (2020): “Reliability of Pesticide Residue Data Used for Estimation of Consumers Exposure”. *EC Nutrition* 15.1 <https://www.ecronicon.com/ecnu/reliability-of-pesticide-residue-data-used-for-estimation-of-consumers-exposure.php>
- [28] Farkas, Zs., Slate, A., Whitaker, T., Kötelesné Suszter, G., Ambrus, Á. (2015): Use of combined uncertainty information for testing compliance with MRLs, *J. Agric. Food Chem.*, 63 (18), pp 4418–4428. DOI 10.1021/jf505512h 2015
- [29] Medina-Pastor, M. Mezcuca, M., Rodriguez-Torreblanca, C., Fernández-Alba, A.R. (2010): “Laboratory assessment by combined z-score values in proficiency tests: experience gained through the European Union proficiency tests for pesticide residues in fruits and vegetables”. *Anal. Bioanal. Chem.* 397, 3061–3070.
- [30] Horváth, Zs., Ambrus, Á. (2017): Principles of Control of Small-Scale Production of Fruits and Vegetables and Planning Risk-based Monitoring Programmes, in *Food Safety Assessment of Pesticide Residues*, Ambrus, Á. & Hamilton, D. (Eds), World Scientific, New Jersey, 467-506
- [31] Horváth Zs. (2018): Modell a kockázat alapú növényvédőszer-maradék monitoring programok tervezéséhez, PhD doktori értekezés. https://szie.hu/sites/default/files/horvath_zsuzsanna_ertekezés.pdf (Hozzáférés / Aquired: 18. 12. 2019)
- [32] 66/2010. (V. 12.) FVM rendelet a növényi és állati eredetű élelmiszerekben és takarmányokban, illetve azok felületén található megengedett növényvédőszer-maradékok határértékéről, valamint ezek hatósági ellenőrzéséről. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1000066.fvm> (Hozzáférés / Aquired: 19. 08. 2018)
- [33] Farkas Zs. (2017): Mintavételi Eljárások Optimalizálása a Termékmegfelelőség Ellenőrzésére **Élelmiszerekben** Előforduló Növényvédőszermaradék-határértékek Figyelembevételével. PhD Doktori **Értekezés**. <https://docplayer.hu/75827498-Szent-istvan-egyetem-elelmiszertudomanyi-kar.html> (Hozzáférés / Aquired: 11. 10. 2019)
- [34] Farkas, Zs., Cook, J.M., Árpád Ambrus, Á. (2017): Estimation of Uncertainty of Measured Residues and Testing Compliance with MRLs, in *Food Safety Assessment of Pesticide Residues*, Ambrus, Á. & Hamilton, D. (Eds), World Scientific, New Jersey, 2017. 404-466.

- [35] Zentai A. (2015): Növényvédőszer-maradékok és más szennyezőanyagok **élelmiszer-fogyasztásból** származó akut expozíciójának probabilisztikus modellezése. PhD Doktori **Értekezés**. http://phd.lib.uni-corvinus.hu/910/1/Zentai_Andrea.pdf (Hozzáférés / Aquired: 19. 05. 2019)
- [36] Ambrus, Á., Horváth Zs., Szenczi-Cseh, J. (2017): Factors affecting the quantitative uncertainty of the estimated short-term intake. Part II—Practical examples. (2018) *J. Environ. Sci. Health. B. 53*, 404-410 <https://doi.org/10.1080/03601234.2018.1439816>
- [37] BfR. (2011): BfR compilation of processing factors for pesticide residues. <http://www.bfr.bund.de/cm/349/bfr-compilation-of-processing-factors.xlsx> (accessed January 2020)
- [38] WHO. Template for Evaluation of IESTI and EDI. Available http://www.who.int/foodsafety/areas_work/chemical-risks/gems-food/en/ (Hozzáférés / Aquired: 17. 10. 2019)
- [39] EFSA. Pesticide Residue Intake Model- EFSA PRIMo revision 3.1 (update of EFSA PRIMo revision 3). EFSA supporting publication 2019: EN-1605. 15 pp. doi:10.2903/sp.efsa.2019.EN-1605.
- [40] Zentai, A., J., Sali, J., Szabó, I.J., Szeitzné-Szabó, M., Ambrus, Á., Vásárhelyi, A. (2013): Factors affecting the estimated probabilistic acute exposure to captan from apple consumption, *Food Addit Contam A. 30* 833-842.
- [41] Zentai, A., Szabó, I.J., Kerekes, K., Ambrus, Á. (2016): Risk assessment of the cumulative acute exposure of Hungarian population to organophosphorus pesticide residues with regard to consumers of plant based foods. *Food Chem Toxicol, 89*, 67-72.
- [42] Zentai A., Kerekes K., Szabó, I., Ambrus Á. (2015): A fogyasztók növényvédőszer-maradékokból származó expozíciójának finomítása, Part 1. Élelmiszervizsgálati közlemények (2015) LXI, 3. 681-719.
- [43] Szenczi-Cseh, J., Ambrus Á. (2017): Uncertainty of exposure assessment of consumers to pesticide residues derived from food consumed. *J. Environ Sci Health B. 52*, 658-670.
- [44] Cseh J. (2017): A Fogyasztók Növényvédőszer-maradék Expozíciója Bizonytalanságát Befolyásoló Tényezők. PhD Doktori Értekezés. https://szie.hu/file/tti/archivum/Szenczi-Cseh_Julia_ertekezés.pdf (Hozzáférés / Aquired: 14. 09. 2019)
- [45] Ambrus Á., Szenczi-Cseh J. (2017): Principles of estimation of combined uncertainty of dietary exposure to pesticide residues, *EC Nutrition 7. 228-251*.
- [46] Ambrus Á., (2009): Estimation of sampling uncertainty for determination of pesticide residues in plant commodities, *J. Environ. Sci and Health, B. 44. 1-13*.
- [47] Anastassiades M., Lehotay S.J., Stajnbacher D., Schenck F.J. (2003): Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and “dispersive solid-phase extraction” for the determination of pesticide residues in produce *JAOAC Int 86*, 412-431.
- [48] Lehotay, S.J., Maštovská, K., Lightfield, A.R. (2005): Use of buffering and other means to improve results of problematic pesticides in a fast and easy method for residue analysis of fruits and vegetables, *J. AOAC Int. 88*, 615-629.
- [49] Steinborn, A., Alder, L., Spitzke, M. Dörk, D., Anastasiades, M. (2017): Development of a QuEChERS-Based Method for the Simultaneous Determination of Acidic Pesticides, Their Esters, and Conjugates Following Alkaline Hydrolysis. *J. Agric Food. Chem. 65*,1296-1305.
- [50] EU Reference Laboratories (EURLs) for Residues of Pesticides DataPool. <https://www.eurl-pesticides-datapool.eu/> (accessed December 2019) (Hozzáférés / Aquired: 11. 10. 2019)
- [51] Szeitz-Szabó, M., Bíró, L., Bíró, Gy., Sali, J. (2011) Dietary Survey in Hungary, (2009): Part I. Macronutrients, Alcohol, Caffeine, Fibre. *Acta Alimentaria, Vol. 40 (1)*, pp. 142–152.
- [52] Roundup weed killer lawsuit. (2019): <https://www.classaction.com/roundup-weed-killer/lawsuit/> (accessed December 2019) (Hozzáférés / Aquired: 11. 12. 2019)
- [53] NÉBIH, Szerforgalmi adatok, <https://portal.nebih.gov.hu/-/kotelezo-adatszolgaltatas-az-elozo-evi-novenyvedo-szerforgalomrol> (accessed December 2019) (Hozzáférés / Aquired: 11. 12. 2019)
- [54] FAO. Pesticide residues in food – 2005 Reports. (2016): FAO Plant Production and Protection Paper. 183. FAO, Rome. <http://www.fao.org/agriculture/crops/core-themes/theme/pests/jmpr/jmpr-rep/en/> (Hozzáférés / Aquired: 18. 10. 2018)
- [55] EFSA. (2019): Review of the existing maximum residue levels for glyphosate according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005 – revised version to take into account omitted data. *EFSA Journal 2019;17(10):5862*, 211 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5862>
- [56] IARC. (2015): Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 112 Available online: www.iarc.fr
- [57] European Chemicals Agency (ECHA). (2017): Opinion of the Committee for Risk Assessment proposing harmonised classification and labelling of glyphosate (ISO); N-(phosphonomethyl)glycine (EC Number: 213-997-4; CAS Number: 1071-83-6). <https://echa.europa.eu/documents/10162/2f8b5c7f-030f-5d3a-e87e-0262fb392f38> (Hozzáférés / Aquired: 11. 12. 2019)
- [58] EFSA. (2017): Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the potential endocrine disrupting properties of glyphosate. *EFSA Journal 15(9):4979*, 20 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4979>.
- [59] EPC. (2017): Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2324 of 12 December 2017 renewing the approval of the active substance glyphosate in accordance with Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market, and amending the Annex to Commission Implementing Regulation (EU) No 540/2011 (Text with EEA relevance.) *OJ L 333, 10–16*.
- [60] EPC. (2019): Commission Implementing Regulation (EU) 2019/724 of 10 May 2019 amending Implementing Regulation (EU) No 686/2012 as regards the nomination of rapporteur Member States and co-rapporteur Member States for the active substances glyphosate, lambda-cyhalothrin, imazamox and pendimethalin and amending Implementing Regulation (EU) No 844/2012 as regards the possibility that a group of Member States assumes jointly the role of the rapporteur Member State. *OJL. 124. 32-35*
- [61] Louro, H., Heinälä, M., Bessems, J., Buekers, J., Vermeire, T., Woutersen, M., van Engelen, J., Borges, T., Rousselle, C., Ougier, E., Alvioto, P., Martinsa, C., Assunção, R., Silvae, M.J., Pronki, A., Schaddelee-Scholteni, B., Gonzalez, M.D-C., de Albaj, M., Castañoj, A., legask, S., Humar-Juricm, T., Kononenkom, L., Lampenn, A., Vinggaardo, A.M., Schoetersd, G., Kolossa-Gehringp, M., Santonenc, T. (2019): Human Biomonitoring in Health Risk Assessment in Europe: Current Practices and Recommendations for the Future. *Int. J. Hyg. Environ. Health. 222(5)*, 727–737. DOI: 10.1016/j.ijheh.2019.05.009.
- [62] Aylward, L.L (2018): Integration of Biomonitoring Data into Risk Assessment. *Curr. Opin. Toxicol. 9*, 14–20. DOI: 10.1016/j.cotox.2018.05.001.



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

Csapó János^{1,2}, Albert Csilla^{1,2}, Szigeti Tamás János³

Érkezett: 2019. július – Elfogadva: 2019. október

Tej és tejtermékek hamisítása, és a hamisítás kimutatására alkalmas analitikai módszerek

KULCSSZAVAK: élelmiszer-hamisítás, hamis élelmiszerek, tej és tejtermékek hamisítása, analitikai módszerek

1. ÖSSZEFOGLALÁS

Az áttekintő cikk első felében a szerzők általánosságban írnak az élelmiszerhamisításról, majd az alábbi kérdésekre keresnek választ: hamisítják-e napjainkban az élelmiszereket; mit jelent az élelmiszerhamisítás és hogyan lehet ellene küzdeni; milyen hatósági intézkedéseket célszerű tenni az élelmiszerhamisítás felderítésekor; milyen szankciókat lehet hozni élelmiszerhamisítás esetén. A cikk szerzői a tej- és tejtermékek hamisítása kapcsán írnak a különféle állatfajtáktól származó tejek, például a bivaly-, a kecske- és a juhtej, valamint az anyatej tehéntej által történő hamisításáról, valamint a szójatej tehéntejhez történő keveréséről. Ismertetik továbbá a savó és az író tejből történő kimutatását, a savófehérje tejtermékekből történő meghatározását, a tejporból előállított tej elemzését és a tej- és tejtermék-hamisítás egyéb lehetőségeit. Végül a tejben, a vajban és a ghee-ben (hagyományos, bivalytejből készült indiai vajkészítmény – a szerk.) lévő egyéb zsiradékok kimutatásáról, a tej vizezéséről, a tej és a tejtermékek hőkezeltiségének meghatározásáról, valamint a fogyasztásra alkalmatlan, romlott tej mennyiségének kimutatásáról írnak. A kéziratban a hamisítások kiszűrésére alkalmas analitikai módszerek elveit is ismertetik.

2. Bevezetés

Az élelmiszer-hamisítás egyidejű az emberiség élelmiszer-termelésével. A hamisítás elsődleges célja a jogtalan (törvénytelen) hasznoszerzés. Az élelmiszer-hamisítás legelső írásos emlékei abból az ókori időből maradtak ránk, amikor Hammurapi törvényei már tiltották a gyenge minőségű vagy a túlzottan drága sörök árusítását. Aki a király törvényeit megszegte, komoly büntetésre számíthatott: az élelmiszerhamisítás ugyanis akár az életébe is kerülhetett [1]. Írásos emlékeink vannak arról, hogy a Római Birodalomban hamisították, elsősorban vizezték a bort, amit ugyancsak szigorúan büntettek [2]. Az élelmiszer-hamisítás sajnálatos módon napjainkban is számos országban jelen van, ezért az ellene fellépő hatóságok olyan eljárásokat dolgoztak ki, amelyek alkalmasak lehetnek a hamis élelmiszerek kimutatására, illetve információt adnak magáról a hamisítás tényéről [3].

A tej hamisításának megjelenése az újabb korokra jellemző, a tej vizezése ugyanis egyszerűen megvalósítható: a víz olcsó és könnyen elérhető. Angliában az 1800-as éveket megelőzően a tej kútvízzel történő hamisítása szinte mindennapi gyakorlatnak számított, és csak akkor szorult vissza, amikor a század végén olyan módszereket dolgoztak ki, amelyekkel a tejhamisítás kimutathatóvá vált [4, 5]. A tejhamisítás ma sem szünetel, bizonyos országokban és vidékeken napi gyakorlat a vizezés elfedése só hozzáadásával, a tej zsírtartalmának megnövelése céljából pedig bizonyos esetekben étolajat és detergenset adnak hozzá [3].

Ugyancsak jelentős mennyiségben hamisítják a tejből készült rendkívül drága sajtokat. Az első, az élelmiszergyártás történelmében is emlékeztető hamisításra az Egyesült Államokban az 1870-es években került sor, amikor rájöttek, hogy a jó minőségű wisconsinai sajtokat tömegnövelési célból olcsó zsírokkal, példá-

¹ Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar

² SAPIENTIA Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Csíkszeredai Kar, Élelmiszertudományi Tanszék

³ WESSLING Hungary Kft.

ul disznósírral hamisítják. Miután a hamisítás ténye kiderült, az említett sajtok kivitele visszaesett, jó híreket elveszítették, ennek visszaszerzése pedig hosszú évtizedeket vett igénybe [3]. A hamisítás ténye napjainkra sem szűnt meg; a drágább sajtok utánzására számos példa akad, holott ezek minősége sok esetben meg sem közelíti az esetenként több évig érlelt, kiváló minőségű, a vásárlók által keresett sajtokét.

3. Hamisítják-e napjainkban az élelmiszereket?

A válasz egyértelműen igen: a médiában rendszeresen bukkannak fel élelmiszer-hamisításról szóló hírek, gondoljunk csak a legutóbbi idők botrányaira, amikor a mézet nagy fruktóz tartalmú kukoricakeményítő hidrolizátummal hamisították mindaddig, amíg a szakértők ki nem dolgozták a megfelelő módszert a fent említett idegen anyag mézből történő kimutatására [6]. A borokkal kapcsolatban két hamisítási botrány robbant ki a közelmúltban. Ausztriában az emberi szervezetbe jutva súlyos mérgezést okozó etilén-glikol tartalmú fagyállóval négy pincészet kísérelt meg testesebb borokat előállítani. Az eset következményeképpen az európai szupermarketek polcairól hosszú időre eltűntek az osztrák borok [7].

Néhány évvel az osztrák eset után egy emlékeztető borhamisítási botrány sajnos Magyarországon is történt, amikor egy borász az Egri bikavért glicerinnel próbálta „feljavítani”. A borban eredetileg is megtalálható glicerint ugyan nem mérgező az emberi szervezetre, de a megengedett túrési határon felüli glicerintartalom hamisításnak számít [8]. Az egyes italféleségeket megfelelő mennyiségű vízzel hígított élelmiszeripari koncentrátumok, főként cukoroldatok hozzáadásával egyszerűen lehet hamisítani. A narancslében például a glükóz, a szacharóz és a fruktóz aránya 1:2:1, ezért ezt az élelmiszert a cukorrépából kivont invertcukorral hamisítják, mert abban a cukrok aránya megegyezik a narancslében lévőkével. Ezekben az élelmiszerekben a cukor mellé a megfelelő sav-cukor arány fenntartása érdekében különféle szerves savakat is kevernek [9].

A hamisítás megjelenésével párhuzamosan – annak visszaszorítása érdekében – a szakemberek folyamatosan dolgoznak olyan módszerek kifejlesztésén, amelyek segítségével képesek kimutatni a hamisítás tényét. A cukoroldattal történő hamisításhoz használt invertcukor például triszacharidot is tartalmaz, amely a hamisítás egyik jelző-anyaga lehet. A narancslé savarányának a beállítására szolgáló almasav az ipari előállítás következtében DL-változatban kapható, ezzel szemben a narancslében csak a természetes L-változat fordul elő. A szintetikus készítményekben a D:L aránya 1:1, ezért amennyiben ilyen típusú mesterséges „almalevet” kevernek a narancsléhez, akkor a D-almalevet jelenléte jelzi a hamisítást. A D-sztereoizomer almasav pedig napjainkban már úgy enzimes módszerekkel, mint például nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiás elválasztással könnyen kimutatható az élelmiszerekben [10].

Természetesen számos egyéb hasonló hamisítási eljárást ismertethetnénk, de erre összefoglaló írásunk korlátozott terjedelme miatt nincs lehetőség. Az előbbiekben felsorolt példák arra utalnak, hogy szinte minden élelmiszer hamisítható, és előfordulhatnak olyan súlyos esetek is, amikor a hamisításra használt anyagok az emberi szervezetre rendkívüli módon veszélyesek, sőt, akár halálosak is lehetnek. Ilyen volt például a magyar őrlött paprika ólomoxiddal történt hamisítása abból a célból, hogy a készítmény színét kívánatosabbá tegyék [11, 12]. Kínában csecsemőtápszereket és kutyatápokat melaminnal hamisítottak abból a célból, hogy a tápszerek és állateledel nitrogéntartalom alapján mérhető látszólagos nyersfehérje-tartalmát az előírásosra állítsák be. A melaminnal hamisított termékek elfogyasztása számos csecsemő halálát és állat pusztulását okozta [13].

Saját feljegyzéseink szerint az elmúlt évek során többek között Magyarországon az alábbi élelmiszer-hamisítási esetekre derült fény: tejporban növényi zsírt mutattak ki; mézhez idegen cukrot, porcukorhoz pedig édesítőszer kevertek; rosszul tüntették fel a minőség-megőrzési időt; baromfi húsból készült húskészítményeket hamisan címkéztek fel; be nem jelentett módon gyártottak sütőipari termékeket, illetve állítottak elő ásványvizet; engedély nélkül gyártottak nyerstejet és füstölt késztermékeket; nem engedélyezett helyen történő vágás után tiltott módon hoztak forgalomba közfogyasztásra szánt élelmiszereket.

A hamisítás oka minden esetben az anyagi haszon-szerzés. A hamis összetevőket sok esetben nehéz felfedezni, mert gyakran a szakemberek előtt is ismeretlenek; az ellenőrzést végzők nem szükségszerűen gyanakodnak a jelenlétükre. Jó példa erre a melamin, amelyet 2007-ig sem szennyező-, sem hamisításra használt anyagként nem tartottak számon egészen addig, amíg kutyatápokból kimutathatóvá vált, illetve amíg 2008-ban csecsemőtápszerekbe és más tej-készítményekbe keverve tömeges haláleseteket okozott. Utóbb kiderült, hogy a melamin már 1979 óta használták hamisításra a nagyobb látszólagos fehérjetartalom elérése érdekében, ám ez egészen 2007-ig rejtve maradt a fogyasztók és a kutatók előtt egyaránt. A melaminnal történő hamisításra azért nem gyanakodott senki, mert e vegyület kimutatása nem volt része a rutin minőségellenőrzésnek. Az élelmiszerek hamisítását jelző rendszert nem tervezhetik olyan célokra, hogy a kezelhetetlenül nagyszámú lehetséges hamisító összetevőt kimutassa. Úgy véljük, hogy az élelmiszerek minőségellenőrzésének gyakorlatában az élelmiszer-hamisítások elleni leg-hatásosabb védekezési mód az, ha a laboratóriumokban azoknak a komponenseknek a mennyiségét ellenőrzik folyamatosan, amelyeket egy jó minőségű élelmiszernek mindenképpen tartalmaznia kell. Egy jól megtervezett elemzés képes felderíteni mind az ismert, mind az ismeretlen hamisító összetevőit, ez pedig nagy előny egy olyan környezetben, ahol nem tudhatjuk, miféle veszélyes hamisítvánnyal találkozhatunk.

4. Tej és tejtermékek hamisítása és a hamisítások kimutatása

A hamisítás kimutatására a szakemberek különféle analitikai módszereket, legtöbbször nagyműszeres technikákat alkalmaznak [3]. Mivel a hamisítás sokrétű gyakorlatának ismertetése már a legfontosabb alapvető élelmiszerek esetében is több könyvtányi anyagot kitevő szakirodalommal rendelkezne, ezért dolgozatunkban csak a tej és a tejtermékek kapcsán mutatjuk be a hamisítás kifinomult módszereit, valamint azokat a sok esetben bonyolultnak tűnő analitikai műveleteket is, amelyekkel a hamisítás kimutatható [14, 15, 16].

A jó minőségű tej és tejtermék mentes a szennyeződésektől, a kellemetlen szagtól és íztől, a patogén mikroorganizmusoktól; szomatikus sejtszáma és összes mikrobaszáma nem haladhatja meg a megengedett értékeket; nem tartalmaz idegenvizet és semmiféle idegen anyagot, jó az illata és a teje jellemző íze van. Összetétele megfelel a teje és tejtermékekre vonatkozó magyar élelmiszerkönyvi előírásoknak, illetve a nem az élelmiszerkönyv szerint gyártott termékek esetén a gyártmánylapon rögzített követelményeknek. Antibiotikum- és egyéb toxikus szennyezőanyag-tartalma nem haladhatja meg az Európai Unióban érvényes jogszabályokban rögzített értékeket [17, 18, 19].

Forgalmazásra szánt nyerstej esetében hamisításnak számít, ha a tejhez bármely más összetevőt (elsősorban vizet) hozzákevernek, vagy belőle bármilyen összetevőt (elsősorban zsírt) elvesznek [20]. A hamisítók legtöbbször vizet vagy fölözött tejet adnak a tejhez, valamint kivonják eredeti zsírtartalmának jelentős részét [3, 21, 22]. Az ilyen jellegű hamisítás sűrűségméréssel, fagyáspont-ellenőrzéssel vagy a zsírtartalom meghatározásával ellenőrizhető. A szennyes vízzel, tisztító szerekkel, növényi maradványokkal, állati szőrrel, porral, egyéb szennyezőanyagokkal, állati vizelettel vagy bélsárral szennyezett/fertőzött tej érzékszervi úton is vizsgálható és megkülönböztethető a jó minőségű tejtől [17]. Az érzékszervi módszerekkel nem kimutatható hamisítások kiderítéséhez viszont kémiai analitikai vizsgálati technikákra van szükség. A tejforgalmazást felügyelő szervek több országban olyan pontrendszert vezettek be, amely bünteti a tej minőségét rontó tényezők jelenlétét, ezzel összefüggésben pedig alacsonyabb jövedelmet biztosít a nem megfelelő tejet termelő farmereknek. Különösen nagy figyelmet fordítanak a tej antibiotikumokkal, radioaktív anyagokkal, klórozott szénhidrogénekkal és nehézfémekkel történő szennyezésére [17, 20, 23].

4.1. A különféle állatfajtáktól származó tejek és azok hamisítása

A tehén- és a bivalytej, a tehén-, a kecske- és a juhtej elegyítése világszerte általános gyakorlatnak mondható. Ez az Európai Unió élelmiszerjogi rendszerében

nem megengedett, a tejek elegyítése hamisításnak számít. A tehéntejet a leggyakrabban kecsketejjel hamisítják, azonban gyakran előfordul az is, hogy az egyébként kiváló minőségű kecsketejet vízzel vagy tehéntejjel hamisítják [24, 25]. Amennyiben a kecsketejet tehéntejjel hamisítják, annak tápértéke nem változik meg, sőt, ha a hozzáadott tehéntej mennyisége nem haladja meg a 15%-ot, akkor a kecsketejből történő kimutatása is nehéz. A tejek elegyítése sajtok előállításánál okoz érzékszervi hibákat, mert a különböző tejféleségek eltérő aromát és ízt kölcsönöznek a sajtnak, sőt, az idegen faj teje allergiás reakciót is kiválthat a fogyasztó szervezetében [26].

4.1.1. A különféle állatfajtáktól származó, elegyített tejminták összetételének vizsgálata

A kutatók többféle módszert dolgoztak ki a tejek elegyítésével végzett hamisítás kimutatására [27]. Lees és munkatársai, Aranda és munkacsoportja [28], Bitri és munkatársai [29], Castro és munkatársai [30] immun-analitikai elven működő módszerekről számoltak be. Cartoni és munkatársai [31], Kaminarides és Koukiassa [32], Lee és munkatársai [33], Müller és munkatársai [34] gél-elektroforézissel dolgoztak. Špoljarić és munkatársai [35], Mayer és munkatársai [36] a kazein frakciókat izoelektromos fókuszálással választották el, majd annak alapján azonosították az egyes állatoktól származó tejmintákat. A tejmintákat hosszúszenlancú zsírsav-tartalmuk alapján Gutierrez és munkatársai [37], Cartoni és munkatársai [38] gázkromatográfiás, Ferreira és Oliveira [39] pedig a kazeino-monopeptid-tartalmukat nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiás elválasztási módszerrel vizsgálta, és határozta meg azok összetételét.

A különböző tejtípusok esetében lehetőséget ad az azonosításra az is, hogy eltérő a kémiai összetételük és az UV-spektrumuk [17], de a tehéntej és a kecsketej eltérő zsírsavösszetétele, valamint a zsírsavakból számolt indexeik különbözősége ugyancsak segítség lehet a hamisítás felderítésében [38].

A rövid szénlancú zsírsavak és azok koncentrációjából számolt indexértékek különösen alkalmasak a tejtermékek hamisításának kimutatására, de a gázkromatográfiás analízis alapján az is bizonyítást nyert, hogy mivel a kecske- és a juhtejből készült sajtok a tehéntejhez képest eltérő rövid szénlancú zsírsav-mintázattal jellemezhetők, indexérték segítségével az egyes sajtok könnyen megkülönböztethetők egymástól [37, 38]. A laurinsav-kaprinsav arány a tehéntejből készült sajtban átlagosan 1:1,16, a kecskesajtban 1:0,46, a juhsajtban pedig 1:0,58. Ez az arány információt adhat a kecske-, illetve a juhsajtban lévő tehéntej mennyiségéről. A tehéntej kecsketejhez történő keverését a β -karotin-tartalom alapján is ki lehet mutatni, ugyanis a kecsketejben ez a vegyület nem található meg [40]; 20% kecsketej tehéntejhez történő keverése pedig már az UV-spektrum alapján is kimutatható.

A tehéntej lényegesen nagyobb riboflavin tartalma és xantin oxidáz aktivitása alapján a juhtejhez kevert tehéntej kimutatására enzimátikus módszereket is kidolgoztak, melyeknek köszönhetően a juhtejben megjelenő 2% tehéntej már kimutatható. A módszer hibája, hogy a hőkezelés tönkrereszi az enzimaktivitást, ezért hőkezelt tejek esetében nem alkalmazható.

A juh-, a kecske- és a tehéntej ásványi anyag-tartalma viszonylag állandó, de a különböző elemek aránya a különböző tejkben nagyon eltérő lehet. Az ásványi anyagok mennyiségét befolyásolja a technológiai is: a különböző tejkéből készült sajtok között markáns különbségeket találunk [41]. A kalcium és a magnézium aránya például a tehéntejben 23,3, a juhtejben viszont 17,2. Ez alapján a kétféle tejből készült tejtermék egymástól jól megkülönböztethető. A szakemberek a tehén, a kecske és a juh között például azok tejének K/Mg, Na/Ca, Cu/Zn, és Cu/Na arányában találtak különbségeket, multivariációs analízis segítségével pedig a nyomelemeket (Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd és Pb) a különböző fajok tejének egymástól történő elkülönítésére tudták használni [41].

A kutatók az egyes fajok tejéből készült sajtokat a különböző kazein frakciók (elsősorban a κ -kazein) eltérő mozgékonyasága alapján például elektroforézissel el tudták különíteni, de ebben az esetben hasznosnak bizonyultak a savófehérje frakciók is [42]. Mivel a tehéntej α -kazein és β -laktoglobulin frakcióinak mozgékonyasága lényegesen nagyobb, mint a kecsketejé, ezért ezek a frakciók is alkalmasak a hamisítás kimutatására [28]. A tehéntej α ₁-kazein frakciója alapján 5-10% tehéntej kecsketejhez keverése kimutathatóvá válik, és ugyanez elmondható a β -laktoglobulin frakcióra is [31].

A sajtok esetében az α -kazein frakció lényegesen érzékenyebb, mint a β -laktoglobulin. Ennek oka egyrészt az, hogy koncentrációja alacsony – mivel a sajt készítés során távozik a tejtermékből –, másrészt pedig az, hogy hajlamos a kicsapódásra, ami ugyancsak csökkenti a mennyiségét. Az α -kazeinnel kapcsolatos vizsgálatok azon a feltételezésen alapulnak, hogy annak koncentrációja viszonylag állandó a tehéntejben, habár egyes vizsgálatok kimutatták, hogy a koagulációt is befolyásoló egyedi eltérések jelentősek lehetnek, és ez megnehezíti az 5%-nál kevesebb tehéntej kecskesajtból történő kimutatását [32, 36].

A sajtok karbamidos extrakcióját követő izoelektromos fókuszálás a para- κ -kazein-tartalom alapján működő módszer a tehéntej mennyiségének kecske- és juhsajtokból történő, az α -kazeinen alapuló módszerhez képest lényegesen pontosabb meghatározását teszi lehetővé. Ennek a módszernek a segítségével – denzitometriás kiértékelést alkalmazva – már 1-2 % tehéntej kimutatható a juhtejből és a juhsajtokból [36].

A kecske- vagy juhtejhez kevert minimum 2 % tehéntej kimutatására és mennyiségi meghatározására al-

kalmas a nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia (HPLC) is. Legalább 2,5 % tehéntej a juh- és kecsketejből immunodiffúziós módszerekkel és immunoelektroforézissel is kimutatható [43]. A fenti módszerek alkalmasak a sajt tehéntejből származó arányának a meghatározására is, amennyiben a hozzákevert tehéntej mennyisége legalább 10%-os. A tehéntej juh- és kecsketejből történő kimutatására szakemberek korábban radiális immunodiffúziót is alkalmaztak, ez a technika azonban nem terjedt el a gyakorlatban. A rakéta-immunoelektroforézis segítségével ugyancsak megfelelő hatásokkal mutatható ki a tehéntej a másik két faj tejből (1-5% tehéntej kecsketejhez történő keverése esetében), mert a keresztreakció az antitest és a kecsketej között kizárt. A módszer mind a hőkezelt, mind a homogénezett, mind pedig a nyerstej esetében alkalmazható [44].

A szakemberek a tehéntej juhtejből, illetve juhsajtból történő kimutatására az ELISA módszert is megfelelő hatékonysággal alkalmazták, bár a kíméletesen és az ultra magas hőmérsékleten pasztörözött, valamint a sterilizett tej a valószínűsíthető precipitáció miatt gyengébb immunválaszt adott [42, 43].

A módszereket összehasonlítva megállapítható, hogy az elektroforézis – különösen a poliakrilamid-gél-elektroforézis (PAGE) – pontosabb és megbízhatóbb eredményeket ad, mint az immunoelektroforézis vagy a radiális immunodiffúzió. Az elektroforézis segítségével az 5 % kecsketej juhtejhez történő keverése nagyobb biztonsággal mutatható ki [45, 46].

4.2. A bivalytej tehéntejjel történő hamisítása

A vízbivaly tejtét a mozzarella (a tipikus olasz sajt) előállításánál alacsony ára miatt gyakran hamisítják tehéntejjel. A bivalytejhez kevert tehéntej kimutatására – a kazeinek elektroforetikus mobilitása alapján – sikeresen alkalmazható az elektroforézis. E célra leginkább az α - és β -kazein alkalmas, hiszen ezek mozgékonyasága tér el leginkább egymástól. A legjobb eredményt mind a poliakrilamid-gél-, mind az agarózgél-elektroforézis esetében a kazeinfrakciók közül is az α ₁-kazein adta. Minden kazeinfrakció megfelelő párja megtalálható a tehéntejben és a bivalytejben egyaránt; ezek izoelektromos fókuszálással (IEF) egymástól szétválaszthatók [47].

A két tej megkülönböztetésére a szakemberek proteolitikus enzimek alkalmazásával, azt követően pedig a frakciók szétválasztásával is próbálkoztak. A kapott frakciók elektroforetikus mozgékonyaságának különbözősége ugyancsak jól hasznosítható a tehéntej bivalytejből történő kimutatására. A γ ₂ és a γ ₃ kazeinfrakció elemzésére plazmin-adagolás után, PAGE és IEF alkalmazásával történtek kísérletek. Ez a módszer alkalmasnak bizonyult az egyik tejtípus másiktól történő, 1 % mennyiségű kimutatására és a mennyiségi meghatározásra egyaránt, a már említett kazeinfrakciók alkalmazásának segítségével [48, 49].

A kutatók a hamisítások feltárása érdekében az elektromos vezetőképesség alkalmazásával is próbálkoztak: ez azon az elven alapul, miszerint a bivalytej elektromos vezetőképessége a tehéntej mennyiségének a hozzáadásával arányosan nő [50]. A zsír zsírsavösszetételének meghatározása is megfelelő módszer lehet; ebben az esetben a bivalytej tejszírának palmitin- és olajsav-tartalma a folyékony fázisban a tehéntej hozzáadásának hatására szignifikánsan nő. Ez a két zsírsav rendkívül érzékenyen reagál a tehéntejjel történő elegyítésre, segítségükkel 5% tehéntej bivalytejhez történő keverése nagy biztonsággal kimutatható. Mivel a zsírsav-összetételt az évszak, a régió és az állatok takarmánya is befolyásolja, a két faj zsírájának összetételét illetően célszerű az összehasonlítást többféle környezetben elvégezni, a tehéntej részarányának meghatározására pedig a helyi sajátosságoknak megfelelő becslőrendszert létrehozni [51].

Dolgoztak ki módszert a bivalytej kazein micellái által a nyúlban termelt ellenanyag segítségével, valamint karotintartalom alapján is; ennek az alapját az a tény adja, miszerint a bivalytej karotintartalma lényegesen kisebb a tehéntejénél. A bivalytej a tehéntejhez képest több laktenint és kevesebb agglutinint tartalmaz, ami ugyancsak a megkülönböztetés alapját képezheti [52, 53].

A különféle állatfajok teje a különféle illó komponensek alapján is megkülönböztethető egymástól. A tehén-, a kecske- és a juhtejben például a dimetilszulfon az összes illó komponens 25%-át adja, ugyanakkor ez az arány a bivalytejben csak 4%, ami szintén a kétféle eredetű tej elkülönítésének alapját képezheti. A 3-metil-butanal csak a bivalytejben, a fenilacetaldhid és a benzaldehid nagy koncentrációban a kecsketejben, míg a 2-metilketonok és az 1-oktén-3-ol a nagy koncentrációban a bivalytejben található meg. Feniletanol a juh- és a kecsketejben egyáltalán nem mutatható ki, a bivalytejben azonban a tehéntejhez képest százszor nagyobb koncentrációban van jelen. A fent leírt módszerek mind egy-egy potenciális analitikai módszer alapját képezhetik [54, 55].

4.3. Az anyatej hamisítása egyéb tejkkel

A tejvizsgálatoknál rutinszerűen alkalmazott pelyhesedési teszt során a kalcium-acetát megfelelő koncentrációjú oldata a kazein típusú fehérjéket 37 °C-on, a savófehérjéket pedig 60 °C-on csapja ki, de nem ad reakciót sem az emberi tejjel, sem a kolosztrummal. Amennyiben az anyatejből pelyhek csapódnak ki, akkor az anyatejet is tartalmaz [58]. Az anyatejhez kevert tehéntejet telített réz-szulfát és 0,4% kadmium-szulfát oldattal is ki lehet mutatni, amelynek során csapadék válik ki, ha az anyatej tehéntejet is tartalmaz. Az anyatej vizezése a fagyáspont-növekedés alapján válik kimutathatóvá, ám ez a módszer csak tájékoztató eredményt ad, mert a fagyáspont személyenként, sőt ugyanannak az anyának az esetében időről-időre is változhat [57].

Az anyatejhez kevert tehéntejet az anyatej, illetve a tehéntej fehérjefrakcióinak tulajdonságaiban fennálló különbségek alapján viszonylag egyszerű kimutatni. Mivel a β -laktoglobulin az anyatejben nem fordul elő, ezért annak jelenléte egyértelműen hamisításra utal. A hamisítás bizonyítására a savófehérje frakcióban található α -laktalbumin és a kazeinfrakcióban található κ -kazein is alkalmasnak bizonyult. Ezeknek a fehérjefrakcióknak a segítségével már 1% tehéntej anyatejhez történő keverése kimutatható. Az alkalmazott módszer a PAGE és az IEF [59].

Az anyatej szabadaminosav- és taurintartalma lényegesen nagyobb, mint a tehéntejé. Amíg az anyatej taurintartalma átlagosan 33,5 μ mol/100 ml, addig a tehéntejé csak 1,9 μ mol/100 ml. A kétféle tej glutaminsavból 262,7 μ mol/100 ml, illetve 28,8 μ mol/100 ml mennyiséget tartalmaz átlagosan. Ezeknek az átlagértékeknek az ismerete alapján is kimutatható az anyatejhez kevert tehéntej, mivel az mind a taurin, mind a szabad glutaminsav mennyiségét jelentős mértékben csökkenti. Ioncserés oszlop-kromatográfiával oszlop utáni ninhidrinnel történő származékképzésével, illetve nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával oszlop előtti származékképzésével a taurin- és a szabad glutaminsav-tartalom egyaránt meghatározható [60].

4.4. Szójatej a tehéntejben

Napjainkban a szójatej és a szójafehérje mind gazdasági, mind táplálkozási szempontból nagy figyelmet kap. Ez különösen igaz a fejlődő országokra, ahol hiány van jó minőségű állati eredeti fehérjéből, és amelynek helyettesítésére, kiváltására vagy kiegészítésére a szójafehérje alkalmazható. Ezen kívül a szójatej és a belőle készült tejtermék-szerű anyagok ideális tápanyagoknak bizonyulnak a vegetáriánusok és a tejfehérje allergiában szenvedők számára. Nem könnyű azonban olyan analitikai módszert találni, amellyel a tejhez kevert szójafehérje kimutatható, mert 10-20% szójatej tehéntejhez történő keverése nem változtatja meg sem a joghurt, sem a sajt organoleptikus tulajdonságait. 20% szójatej hozzáadása nem változtatja meg az alvadási időt, ennél nagyobb mennyiség esetében azonban már hosszabb alvadási idővel kell számolni [61, 62].

A szerkezetben lévő hasonlóságok sajátos nehézség elé állítják az analitikusokat, amikor valamely tejtermékből szójafehérjét kell kimutatniuk. Erre a célra több módszert is kidolgoztak: a nátrium-dodecilszulfát poliakrilamid gélelektroforézist (SDS-PAGE), különböző szerológiai módszereket és a peptid analízist. Ezek az analízis típusok a szója- és a tehéntej fehérje tartalmában fennálló különbségeken alapulnak [62]. A PAGE-val, 8,6-os pH-jú TRIS puffer (tris-[hidroximetil]-amino-metán) alkalmazásával a tehéntejből hat, a szójatejből pedig kilenc frakciót lehet elkülöníteni. A szója globulin-frakcióinak elektroforetikus mozgékonyasága nagyobb, mint a vonatkozó tejfehérjéé, a κ -kazeiné, de kisebb, mint a γ -kazeiné. Ezzel a módszerrel 2% szójatej tehén-

tejhez történő keverése kimutathatóvá válik. Az említett módszereken túl a PAGE, az SDS-PAGE és a HPLC is jól használható a szójafehérje kimutatására. Ezeknek a módszereknek a segítségével 5% szójatej tehéntejhez történő hozzáadása nagy biztonsággal kimutatható, mennyisége meghatározható [63].

Hitelesítő görbe segítségével értékelve a HPLC-analízis során kapott csúcokat megállapítható, hogy 1%-nál több szójatej a tehéntejben nagy biztonsággal kimutatható. Ezeknek a módszereknek a hátránya, hogy drágák, szakképzett személyzetet és drága műszereket igényelnek, miközben az ELISA módszerek lényegesen olcsóbbak, ráadásul a segítségükkel is lehetséges 1%-nál több szójatej kimutatása. Fent említett módszerekkel a szójatej kivétel a tejhez kevert kókusztej is kimutatható [64].

4.5. A tejsavó és az író kimutatása a tejből

A napjainkra megnövekedett sajtgyártás sajt-fogyasztás következtében megnőtt az előbbi során az üzemekben visszamaradó tejsavó mennyisége is, amelynek elhelyezése és felhasználása gyakran nehézségeket okoz. A savóból készült savópor lényegesen olcsóbb, mint a soványtejpör, felhasználása azonban a magas tejcukor-tartalom miatt korlátozott [38]. A soványtejpör – a gyártására vonatkozó előírások szerint –, csak főlőzött tejből készülhet [105], nem lehet benne oltóenzim, és nem tartalmazhat savóból vagy íróból származó szárazanyagot. A világon sok helyen az édes tejszínből készült vaj gyártása után visszamaradt író por formájában keverik a soványtejpörhöz; ennek kimutatására a szakemberek többféle módszert is kidolgoztak. A hamisítás ténye nyomon követhető a savófehérje frakció és a tejsav mennyisége alapján, amely pozitív, ha meghaladja a 150 mg/100g-ot, valamint a hamutartalom alapján, amely pozitív, ha mennyisége meghaladja a 8%-ot.

Az írópor kimutatására felhasználható az elektronmikroszkóp, mert a részecskék felülete eltérő, ha a por soványtejből vagy íróból készül, valamint a savas kicsapódási teszt is, amelynek során a kazein micellák, a savófehérjék és az íróban lévő nagymennyiségű zsírgolyócska-membránok eltérő módon viselkednek.

A különböző országokban a pasztörözött tej hamisítása is nagy problémát jelent. Mivel a savó ára alacsony és organoleptikus tulajdonságai nem térnek el jelentősen a tejétől, ezért a tej savóval történő hamisításával jelentős jogtalan gazdasági haszonra lehet szert tenni [65]. A tejben lévő savó mennyisége azonban a kazein-savófehérje arány alapján kimutatható. A tejmintában a kazein 4,6-es pH-n történő kicsapással meghatározható. A csapadék feletti fázisban savófehérje marad vissza. A tej kazein- és a foszfortartalma szoros összefüggésben áll egymással, mert a foszfátokat csak a kazein képes észter kötéssel megkötni. A foszfortartalomtól ilyen módon a kazeintartalomra, abból pedig a tej savóval történő hamisítására következtethetünk [65].

4.5.1. Savófehérje a tejtermékekben

Fontos annak ismerete, hogy a különféle tejtermékek mennyi tejszárazanyagot, ebben pedig mennyi teljes tejpört tartalmaznak. A fagyasztott tejtermékeknek legalább 10% zsírt és 20% szárazanyagot kellene tartalmazniuk. Ezen belül a hamisítás vizsgálatakor meg kell határozni, hogy a mintában milyen mértékű a savófehérje és a kazein aránya. Erre a célra – például jégkrémek fehérjetartalmának meghatározására az ún. festékkötéses módszerek alkalmasak, de a hagyományos Kjeldahl-módszerhez képest némiképp eltérő eredményt adnak. A kazeint azért nehéz különválasztani a savófehérjétől, mert a különféle hőkezelési eljárásokat követően együtt csapódnak ki, emiatt gyakorlatilag elválaszthatatlanok [39].

Ahhoz, hogy ezt a két fehérjét meghatározhassuk, vagy szét kell roncsolni az általuk képzett komplexet, vagy egyéb megoldást – például a foszfortartalom alapján történő becslést – kell alkalmazni. Mivel a foszfor csak a kazeinhez kapcsolódik, a foszfor-nitrogén arány alapján a kazein mennyisége még a jégkréméhez hasonló összetett mátrix esetén is megbecsülhetővé válik [66]. A kazein és a savófehérje mennyiségének a becslésére ezen kívül alkalmazható még a radiális immunodiffúzió. A kazein mennyiségének foszfortartalom alapján történő meghatározása jól használható a nátrium-kazeinát és a feldolgozott tejtermékek esetében egyaránt [67]. A savópor, az írópor vagy a kazeinát főlőzött tejhez történő hozzáadása a cisztein-cisztin (S-S)-komplex, valamint a szialinsav segítségével mutatható ki. A cisztein- és a cisztintartalom módosított ninhidrin reakció alapján, vagy ioncserés oszlop-kromatográfiával mérhető. Az SH-csoportok mennyisége a normál sovány tejpörben átlagosan 86,4 µg/g fehérje, amely savó- vagy savófehérje-hozzáadásra lineáris emelkedést mutat. 10% savófehérje soványtejpörhöz történő hozzáadása szignifikáns mértékben növeli meg az SH-csoportok koncentrációját, ezért ezzel a módszerrel a hozzáadott savó vagy savófehérje mennyisége könnyedén meghatározható. Amennyiben a mintában a cisztein-cisztin arány háromnál nagyobb, a szialinsav mennyisége pedig meghaladja a 3%-ot, akkor a savófehérje-kiegészítés ténye bizonyítottan tekinthető. Lehetőség van HPLC és a gélelektroforézis alkalmazására is, ám ezek jóval drágább technikák [39].

A hozzáadott savófehérje mennyisége aminosav-összetétel alapján is meghatározható, amennyiben az eléri vagy meghaladja a 10%-ot. Ezt a módszert nem befolyásolja, hogy denaturált vagy nem denaturált savófehérjéről van-e szó, illetve hogy történt-e hőkezelés, avagy sem. Kutatók próbálkoztak a glikomakropeptidok folyadék-kromatográfiás, vagy spektrofotometriás meghatározásával is, de a bakteriális szennyeződések miatt számos hibás eredmény született. Kedvező eredményeket értek el azonban a renninnel keletkezett savópor édes íróporhoz történő keverésének a kimutatásával. A vizsgálati eredmények savóporok vizsgálata esetén voltak a legmegbízhatóbbak [68].

A felsorolt vizsgálati módszereket összehasonlítva megállapítható, hogy a HPLC-módszer mind megbízhatóságban, mind érzékenységben felülmúlja az összes többi, segítségével pedig a fehérjefrakciók analízise alapján már 0,5% édes savópor adott tejtermékekhez történő hozzákeverése is kimutatható [69].

A sajtgyártás során keletkezett édes savópor a tejben is előforduló vízdoldható molekulákból jóval többet tartalmaz, ezért magasabb a laktóz-, a nátrium-, a kálium- és a kloridtartalma. Ennek következtében a tejpörből készített tej fagyáspontja lényegesen alacsonyabb lesz, ha ahhoz savóport adtak. A fagyáspont csökkenéséből regressziós egyenletek alkalmazásának a segítségével meghatározható a hozzáadott savópor mennyisége.

Vannak egyéb ismert módszerek is a hozzáadott savópor meghatározására, ezek azonban bonyolult előkészítési műveleteket igényelnek, ezért nem terjedtek el a gyakorlatban. A Fourier-tanszformációval kombinált infravörös spektroszkópia alkalmas lehet a fehérjék megkülönböztetésére [70].

4.5.2. Tejpörből előállított (helyreállított, újraalkotott) tej

A tejpör előállítása során a fehérjék egy része denaturálódik, ami felhasználható az újraalkotott tej kimutatására. A normál és az újraalkotott tej között sem a festékkötéses módszer, sem a gélelektroforézis segítségével nem sikerült különbséget kimutatni. A β-kazein és az α-laktalbumin aránya alapján azonban 25% újraalkotott tej normál tejhez történő keverése kimutatható [71].

A szakemberek elektronmikroszkópos vizsgálat során megállapították, hogy az újraalkotott tej olyan, 500 nm-nél nagyobb átmérőjű aggregátumokat tartalmaz, amelyek a normál tejben nem fordulnak elő [72]. Doerr és munkatársai rezaurin hozzáadásával is kísérleteztek, amely a tej összes redukáló kapacitása révén eltérő szint ad a két tejtípus esetében. Feltevezésük szerint még ha a sűrűség és a fagyáspont meg is felel az elvárható értéknek, az újraalkotott tejek nitráttartalma az alkalmazott hígítóvíz nitráttartalma miatt nagyobb lesz, mint a normál tejé, hiszen annak nitráttartalma rendkívül alacsony. Amennyiben a nitráttartalom átlagosan 1 mg/kg-mal nagyobb, mint általában a tejeké, akkor valószínű, hogy a tej újraalkotott tejet is tartalmaz. A meghatározás során a nitrátot nitríté konvertálják, amely kemilumineszcens-eljárás segítségével a vizsgálathoz kellő pontossággal mérhető [73].

4.5.3. A tej- és tejtermék-hamisítás egyéb lehetőségei

Amennyiben a tej mangántartalma magas, úgy borjútáppal történő hamisításra gyanakodhatunk, ugyanis annak mangántartalma elérheti a 10-15 mg/kg-ot is, míg a tejé átlagosan csak 0,021 mg/kg körüli érték [74]. A tiszta tej növényi fehérjéket tartalmazó tejjel történő kiegészítése a

benne lévő kazein kicsapódása után a savófehérje nitrogéntartalmának a mérésével mutatható ki.

A nyers tej pasztörözött tejhez történő keverése a foszfátáz enzim aktivitásának a mérésével mutatható ki [75], míg a mozzarella sajt valódisága szkenningszkenning elektronmikroszkóppal vagy szkenningszkenning kaloriméterrel ellenőrizhető, ugyanis a hamisítványokban olyan zsírgolyócskák találhatóak, amelyek az eredeti sajtokban nincsenek [76].

Glükózt, nádcukrot, karbamidot vagy ammónium-szulfátot azért adnak a tejhez, hogy a vízzel való hígítás tényét elfedjék. Ezekkel az anyagokkal még a fagyáspont-növekedés is megakadályozható, a család leleplezésére tehát kifinomult analitikai módszerekre van szükség. A tejhez hozzáadott cukrot a tejben eredetileg is jelenlévő tejcukor miatt csak elválasztástechnikai módszerekkel, elsősorban folyadék-kromatográfiás elválasztás útján lehet kimutatni; ebben az esetben a kutatók nem a cukrok összes mennyiségét, hanem a cukrokat egyenként határozzák meg. A cukrokat invertáz enzimmel hidrolizálva a keletkezett glükózt és fruktózt pedig enzimatikusan, glükóz oxidáz-peroxidáz tesztel működő gyorsmódszerrel lehet meghatározni [61].

A konyhasó tejhez történő hozzáadása 0,4%-ig nem okoz ízváltozást, ezzel egy időben azonban 13% víz is adható a tejhez anélkül, hogy annak fagyáspontja lényegesen megváltozna. A hamisítók a savasság csökkentése érdekében olykor ammóniaoldatot, esetenként nátrium-bikarbonátot vagy antibiotikumokat is kevernek a tejhez azért, hogy hosszabb ideig eltartható legyen. 0,3% nátrium-bikarbonát hozzáadása a tejhez lehetővé teszi annak 10%-os vízzel történő hígítását anélkül, hogy a mérhető paraméterekben jelentős változás következne be [77].

4.5.4. Egyéb zsiradékok a tejben, a vajban és a gheeben (tradicionális indiai vajféleségekben)

Mivel a zsiradékok közül a tejszír az egyik legdrágább, annak hamisítása egyéb olcsó zsírokkal a világon szinte mindenhol előfordul. Hamisításra a leggyakrabban növényi olajokat, ezeken belül is a lenmagolajat, valamint a marhafaggyút használják a legnagyobb arányban. Sok országban a szakemberek különféle módszereket dolgoztak ki a vaj hamisításának felderítésére. A módszerek többsége a trigliceridek szerkezetének megállapításán, a zsírsavösszetétel elemzésén, az el nem szappanosítható lipidek mérésén (szterinek, szterin észterek, tokofeolok, karbonil vegyületek), illetve a különböző fizikai tulajdonságok elemzésén alapul [78].

A hamisítás felderítésére a legígéretesebb módszer alapja a trigliceridek elemzése; ennek során a különböző szénatomszámú trigliceridek segítségével a tejszír jól elkülöníthetővé válik a többi zsírtól, és már 5-10% idegen zsír hozzáadása nagy biztonsággal kimutatható. A kutatók különféle képleteket dolgoztak

ki annak érdekében, hogy ne csak a hamisítás tényét tudják feltárni, hanem azt is, hogy milyen típusú zsíradékkal hamisították az adott tejsírt. Ezek a módszerek azon alapulnak, hogy csak a tejsír tartalmaz vaj-savat, kapronsavat, kaprilsavat és kaprinsavat, ezért a többi zsíradékhoz képest jóval nagyobb koncentrációban fordulnak elő benne kisebb szénatomszámú trigliceridek [79].

Az így kapott eredményeket azonban célszerű óvatosan kezelni, mert nemcsak a zsírsavösszetétel, hanem a trigliceridek összetétele is változhat az évszak, a régió és a laktációs állapot szerint. A téli tej például több rövid és közepes szénláncú trigliceridet tartalmaz, mint a nyári tej. A növényi olajok tejsírból történő kimutatására az ultrabolya fény-abszorpció nem hozott sikert, a vajsav koncentrációjának mérése azonban igen, csakúgy, mint a kapilláris oszlopon történő gázkromatográfiás elválasztással történő mérés, amelynek segítségével nemcsak a zsírsavakat, de a különböző helyzeti izomereket (cisz, transz, cisz-transz, cisz-cisz, transz-transz stb.) is meg lehet határozni. Ez utóbbiak azonosítására jó hatásokkal alkalmazták az infravörös spektroszkópiát is [80].

Parodi és Dunstan a transz-telítetlen zsírsavak infravörös spektroszkópiájának a segítségével 0-30% vajhoz kevert gyapotmagolajat ki tudtak mutatni. A transz-telítetlen zsírsavak természetes módon fordulnak elő a tejsírban, de nem található meg a természetes állapotú, nem hidrogénezett (katalitikus hidrogénezés) növényi olajokban, ezért a transz-telítetlen zsírsavak koncentrációjának a mérése is lehetőséget ad a vaj hamisításának a kimutatására. A kapott eredményeket itt is óvatosan kell kezelni, mert a transz-zsírsavak mennyiségét befolyásolhatja a takarmány transz-zsírsav tartalma és a marha bendőjében lejátszódó bihidrogénezési folyamatok is [81]. A bendőben lévő mikroorganizmusok képesek a telítetlen zsírsavakat telíteni, a cisz-izomerekből transz-izomereket szintetizálni, sőt képesek az izolált kettős kötésekben konjugált kettős kötésekkel előállítani, amelynek eredményeképpen létrejön az ember számára rendkívül hasznosnak tekintett cisz9, transz11 konjugált linolsav (és ezek egyéb helyzeti izomerei [82]).

A tiszta, hamisítatlan tejsír különböző indexeit a szakemberek a minősítés során a zsírsavak segítségével határozzák meg. A hamisított minta zsírsavösszetételét összehasonlítva a tiszta minta összetételével a hamisítás bizonyítható, sőt a kutatók arról is információt szerezhetnek, hogy milyen anyaggal történt az adott vaj hamisítása. Japán kutatók a vajsavat, a kapronsavat, valamint a koleszterint gázkromatográfiás módszerrel határozták meg, majd a kapott adatokból következtettek a hamisításra. A vajsav-kapronsav aránya alapján a hamisítást abban az esetben is képesek voltak kimutatni, ha vajsavval átészterezett marhafaggyút vagy kókuszszírt adnak a vajhoz, és a hamisítás kimutatására korábban felhasználták a szitoszterol tartalmat is [83].

Bár az évszaki és az égtáji különbségek lényegesek lehetnek a tejsír összetételét illetően, ezek mégis szinte elhanyagolhatóvá válnak, ha a vaj és annak hamisítására használt egyéb zsírok és olajok zsírsavösszetételét és koleszterintartalmát hasonlítjuk össze [78]. Különösen jól hasznosítható a vaj hamisításának kimutatására a laurinsav-kaprinsav, a mirisztinsav-kapronsav és a mirisztinsav-laurinsav arányának meghatározása. A vaj hamisítására az alább felsorolt olajokat és zsírokat használják rendszeresen:

Növényi zsírok. A tejsír zsírsavösszetétele, monoglicerid- és triglicerid tartalma annyira különbözik a többi zsíradéktól, hogy ezen komponensek mérése alapján nemcsak a növényi, de az állati zsíradékkal történő hamisítás is kimutatható [84]. Tekintettel a fajták közötti különbségekre, a klimatikus viszonyokra és a földrajzi elhelyezkedésre, a laurinsav-kaprinsav aránya alapján a vajsírban a növényi zsírok nagy biztonsággal kimutathatók. A tejsírhoz kevert 10% kókuszszír, pálma- vagy repceolaj, illetve 5% szójaolaj a hosszú és a közepes szénláncú trigliceridek, valamint a szterinek alapján könnyedén kimutatható [78].

A részlegesen hidrogénezett növényi zsírok a sajtból gázkromatográfiás elválasztással a zsírsavösszetétel alapján mutathatók ki. A zsírsavakból képzett indexek közül a vajsav-olajsav aránya a legérzékenyebb a hamisításra, mert a növényi olajok sok olajsavat, de gyakorlatilag semennyi vajsavat nem tartalmaznak. Ez a módszer nem alkalmazható a kókuszszír esetében, ami viszonylag kevés olajsavat tartalmaz [85].

A ghee vaját az Indiában termesztett phulwara fa gyümölcséből készült növényi zsírral is hamisítják, mert annak színe és állaga nagyon hasonlít a ghee-éhez, az ára viszont lényegesen olcsóbb. Mennyisége a trigliceridek vékonyréteg kromatográfiás analízisével mérhető. Mivel növényi zsíradékról van szó, a hamisítás a koleszterintartalom segítségével is kimutatható. A koleszterin, illetve a fitoszterin mennyiségének a mérése bármilyen növényi eredetű zsíradék kimutatására alkalmas lehet, mert a vaj szterintartalmának döntő többsége (több, mint 99%-a) koleszterin; más típusú szterol vegyület kimutatható mennyiségben nem is fordul elő benne. A gyapotmag-olaj főként β -szitoszterolt tartalmaz [83], de van még benne γ -szitoszterol és sztigmaszterol is, ezért a növényi olajjal való hamisítást a hamisított élelmiszerben egyértelműen jelzi a koleszterin koncentrációjának csökkenése, illetve a növényi szterinek koncentrációjának a növekedése [86]. A módszert a zsírok finomítása, szagtalanítása, gőzölése nem befolyásolja, a hasonló koleszterintartalmú állati eredetű zsíradékok azonban ezzel a módszerrel nem mutathatók ki a tejsírból. 2%-nál több kukorica- vagy rizsolaj, 5%-nál több kakaóvaj, repce-, szezám-, szójabab-, len- vagy mogyoróolaj, 20%-nál több kókuszszír vagy pálmaolaj, illetve 35%-nál több pálmamag-olaj a fenti módszer segítségével könnyedén kimutatható a vajból. Garcia és mtsai [80] a MALDI-QTOF MS technikát megfelelő hatásokkal tudták a tejpor növé-

nyi olajokkal, illetve zsírokkal történő hamisításának a kimutatására felhasználni.

A hamisítás kimutatásának az alapját képezheti az a tény is, miszerint az összes szénhidrogén és szterol el nem szappanosítható frakcióban jelenlévő aránya egészen eltérő a szalonnában, a margarinban és ghee-ben egyaránt. A szalonna és a margarin 20-30-szor annyi szénhidrogént tartalmaz, mint a szarvasmarha ghee, és 10-15-ször annyit, mint a bivalytejből készült ghee. Fentiek alapján a szerkesztett regressziós egyenletek segítségével a ghee-hez kevert disznózsír, illetve margarin nagy biztonsággal kimutatható [87].

A különféle növényi olajokban olyan vegyületek is találhatóak, amelyek csak az adott olajféleségben vannak jelen, másban nem. Ilyen például a szezám-mag-olajban lévő szezamin és szezamol, amelyek kimutatása – a magas tokoferol-tartalommal együtt – egyértelműen hamisításra utaló tényezők. Kimutatható a hamisítás továbbá a differenciál szkennig kalorimetria és a differenciál termál analízisek segítségével is, ezek a módszerek azonban nem terjedtek el a gyakorlatban. A megkülönböztetésre, valamint a hamisítás kimutatására az alkoholban oldódó és az alkoholban nem oldódó triglicerid-tartalom is alkalmas [88].

Állati és tengeri eredetű zsírok. Az állati testzsírok vajban történő kimutatása azért nehéz, mert ezek nagyon sok tulajdonság tekintetében megegyeznek egymással. Sőt, ezen a tényen átlépve megállapítható az is, hogy amennyiben a bivalyokat gyapotmag-pogácsával takarmányozzák, akkor azok tejsírja ahhoz lesz hasonló, mintha a vaját állati zsíradékkal hamisították volna. Mivel az állati eredetű zsíradékokat nehéz kimutatni a tejsírban, ezért ebből a célból a szakemberek többféle módszert is kidolgoztak és (több-kevesebb sikerrel) alkalmaztak [89].

Kutatók ecetsav-etilalkohol 3:4 arányú elegyében az alábbi technikákkal vizsgálták a vajsír és az állati zsíradék különböző oldhatóságát: „vajsav-szám” mérése; az olvadás kritikus hőmérsékletének elemzése (ghee 49,5-53,5 °C között, faggyú 70-73 °C között); a karbamid által kicsapott és ki nem csapott zsírtartalom mérése; fluoreszcencia, amelynek során a hamisított ghee kék fluoreszcenciát, míg az eredeti hamisítatlan halvány zöldet mutatott; különféle kromatográfiás technikákkal főként a triglicerideket, vagy valamilyen frakciót, de legtöbbször a zsírsavösszetételt határozták meg, amelynek alapján – indexek képzésével – a vajhoz kevert különböző zsíradékokat tudták becsülni [84, 89].

Az alkalmazhatóság szempontjából ezen indexek közül kiemelkedik a sztearinsav-olajsav arány, az összes telített és az összes telítetlen zsírsavak aránya, a palmitinsav-sztearinsav arány, valamint a telített és a telítetlen trigliceridek aránya [90]. Szakértők enzimatikus módszerrel, nevezetesen a lipáz enzim alkal-

mazása után visszamaradt szabad zsírsavak analízisével, illetve a 2-monoacil-glicerol meghatározásával is próbálkoztak, amely szerint a rövid szénláncú zsírsavak a trigliceridekben kevésbé állnak ellen a lipáz támadásának, mint a hosszú szénláncúak [91]. Az UV-spektrum-elemzés segítségével a 220-420 nm tartományban a vaj és disznózsír elkülöníthető egymástól, míg a vaj és a faggyú nem [92].

Kromatográfiás elválasztást követően az eltérő fluoreszcens jel alapján könnyű a halolaj vajtól történő elkülönítése. Az illó zsírsavak desztillálása és kromatográfiás meghatározása segítségével 5-20% delfinolajat könnyű volt elválasztani és megkülönböztetni a vajtól [93]. A vaj triacetinnel vagy hidrogénezett delfinolajjal történő hamisítását az illó desztillátum vezetőképességének a mérésével lehetett kimutatni, a tiszta vaj vezetőképessége ugyanis kisebb, mint a hamisítotté, ami a delfinolajban megtalálható nagyobb koncentrációjú ecetsavnak és izovaleriánsavnak köszönhető [94].

A vaj akkor is hamisított terméknek tekintendő, ha különböző állatfajok tejből készül, vagy ha magát a tejsírt módosítják valamilyen technológiai beavatkozással. Ha különböző kérődző állatfajok összekevert tejből állítanak elő vajat, akkor azt szinte lehetetlen kimutatni, mert még a gázkromatográfiás zsírsavanalízis sem elég érzékeny ahhoz, hogy a hamisítványt megkülönböztesse a valódi tejterméktől. Indiában nagy mennyiségben használnak fel hidrogénezett növényi olajokat, amelyek segítségével nagy arányban a ghee-t hamisítják. Mivel a hidrogénezés foka ma már jól szabályozható, az ilyen jellegű hamisítást még az érzékeny gázkromatográfiás módszerekkel is nehéz kimutatni [95].

4.5.5. A tej vizezése és annak kimutatása

A tej vizezése könnyen kimutatható a fagyáspont meghatározása alapján, a víz hatására ugyanis tej eredeti fagyáspontja megnövekszik. Fagyáspont alapján termisztoros krioszóp segítségével 3% tejhez hozzáadott víz nagy biztonsággal kimutatható [96].

A tej fagyáspontja ezredfok pontossággal megállapítható Beckmann-krioszóp segítségével. A tej fagyáspontja -0,53 - -0,56 °C között változik. Ha a vizsgált tej fagyáspontja -0,53 °C-nál nagyobb, akkor azt vízzel hamisították. Amennyiben a tej fagyáspontja -0,53 °C-ról -0,27 °C-ra nő, a hígítás mértéke 2-50 % közöttre tehető, ezzel a módszerrel tehát nemcsak a hamisítás ténye mutatható ki, hanem a hozzáadott víz mennyiségére is kapunk adatot [97].

A tej ozmózisnyomása elsősorban a laktóznak (4,6-4,9% a tehéntejben), másodsorban pedig a nátrium- és a kálium ionoknak, ezt követően pedig az összes többi ásványi anyagnak köszönhető, mert az egyéb komponensek ozmózisnyomásra kifejtett hatása elhanyagolható. A laktóz hidrolízise glükózra és galak-

tózza jelentős mértékben csökkenti a fagyáspontot (-0,274 °C-kal), és növelni az ozmózisnyomást. Ezért ha a laktózt hidrolizálják, a tej mérsékelt mennyiségű vízzel való hamisítása, mivel a fagyáspont nem változik, nem mutatható ki [98].

A tej vizeztségének kimutatására használták még a felületi feszültség és a viszkozitásmérést, a tripszines emésztés és triklórecetsavas kicsapás után visszamaradt szűrlet abszorbanciájának mérését 280 nm hullámhosszon, és a nitrát ionok analízisét, mely egyértelmű jele a hígításnak. Az ultracentrifugálás után visszamaradó szűrlet refraktometriás analízise jól használható az anyatej vizeztségének kimutatására. Használták még a termiszter krioszkopot, vagy a gőznyomás termométert is a vizezés kimutatására, ezek a módszerek azonban nem terjedtek el a gyakorlatban [98].

4.6. Tej és tejtermékek hőkezeltségének meghatározása

A tejet, a benne lévő esetlegesen patogén mikroorganizmusok miatt, hőkezelné kell. A tejjel szinte minden tej és tejtermék valamilyen hőkezelésen megy át, és csak a hagyományos tejtermékek jelentéktelen hányadát készítik nyers tejből. A hőkezelés néha nem elégséges a patogén csírák elpusztítására, néha pedig – technológiai hiányosságból vagy szándékosan – nyers tejet kevernek a pasztörözött tejhez, amelyet az alábbiakban felsorolt próbákkal lehet kimutatni, illetve a hőkezelt tejhez kevert nyerstej mennyiségét megbecsülni [98].

A Storch-féle próba a 80 °C feletti vagy a 75 °C hőmérsékleten 15 percnél hosszabb ideig hőkezelt tej vagy ilyen tejből készült tejszín, savanyú tej és tejkészítmények, tehátúró, gomolya esetében alkalmazható. A módszer lényege az, hogy a nyers vagy nem megfelelően hőkezelt tejben, vagy az ilyen tejből készült termékben lévő peroxidáz enzim a hidrogén-peroxidot bontja, és a felszabaduló atomos oxigén az N,N-dietyl-1,4-fenilén-diamin-hidrokloridot szürke, kékeszürke színű vegyületté oxidálja [99].

A foszfatáz enzim mennyiségi meghatározása a 80 °C alatti, vagy a 75 °C feletti hőmérsékleten 35 másodpercnél rövidebb időtartamig, illetve a 65 °C-on 30 percig hőkezelt tej, valamint az ilyen tejből készült tejtermék esetén alkalmazható [100]. A nyers, vagy elégtelenül hőkezelt tejben, vagy nyerstejjel kevert pasztörözött tejben vagy ilyen tejből készült termékben a foszfatáz enzim a dinátrium-fenil-foszfátot hidrolizálja, a hidrolízis során felszabaduló fenol a 2,6-dibrómkinon-klórímiddel kék színeződést ad, amely a szabad fenol mennyiségével arányos, és fotometriásan mérhető [101].

Nyers vagy elégtelenül hőkezelt tejben vagy nyers tejjel kevert hőkezelt tejben vagy az ebből készült tejtermékben lévő foszfatáz enzim a hidrogén-orto-krezoltalein foszfátból orto-krezoltaleint szabadít fel, amely bázikus pH mellett lila-bíbor színeződést ad.

A szín jelzi, hogy a mintából foszfatáz enzim mutatható ki, és a minta a kívánt hőkezelést nem kapta meg [101].

4.7. A gyulladással tőgyből származó, kóros összetételű tej kimutatása

E célra alkalmasak a masztiteszt-próba és a Whiteside-próba, melyek a tejben lévő magvas sejtek (hámsejtek, leukociták) mennyiségi viszonyait jelzik, ugyanis a reagens hatására a sejtmagban lévő dezoxiribonukleinsav felszabadul, és ennek a nyálkás konzisztenciájú anyagnak a mennyiségétől függ a reakció mértéke [102]. Az ellést követő három-öt napon belül, valamint a laktáció utolsó hónapjában nagyobb a tej hámsejt tartalma, ezért az ilyenkor pozitív reakció nem utal a tőgybetegségekre. A két próbát diagnosztikai célokra nem lehet felhasználni, a tehénállomány tejének vizsgálata viszont előnyös lehet olyan szempontból, hogy az elegytejből már az enyhe reakció is jelzi a tőgygyulladást, a nem megfelelő tőgyegészségügyi helyzetet [103].

4.8. A fogyasztásra alkalmatlan, romlott tej mennyiségének kimutatása

E célra alkalmas az alizarin teszt, mely a tej savtartalma, illetve pH-ja megváltozásának kimutatásán alapszik. A tesztet alkalmazni lehet az istállóban a gyulladással tőgyből történő tej elkülönítésére, de alkalmas a szállítás vagy a tárolás során bekövetkező változások nyomon követésére is. Mivel a tejben lévő fehérjék a savtartalom-növekedés hatására elveszítik eredeti formájukat, ezért a pH-változás azt is jelezheti, hogy a tej alkalmas-e olyan tejtermékek gyártására, mint például az UHT tej, vagy a tejpör. Az alizarin-indikátor és a tej reakciójából következtethetünk arra, hogy a tej pH-ja savas vagy lúgos irányba változott-e, és hogy a változás hogyan befolyásolja a tej technológiai tulajdonságait [101, 104].

5. Megbeszélés

A médiában napi szinten találkozhatunk élelmiszer-hamisítással kapcsolatos hírekkel. Szinte nem is létezik olyan élelmiszer, amelynek hamisításával még ne próbálkoztak volna. Az esetek többségében a hamisítók mindig egy lépéssel az őket leleplezők előtt járnak. A hamisítás sokféle kifinomult módja ellen csak úgy küzdhetünk, ha a világon mindenhol hamisítás elleni szervezetek alakulnak, hamisítás elleni nemzeti stratégiákat dolgoznak ki, ha a hamisítás felderítésére hatósági intézkedések lépnek életbe, és ellenük szigorú szankciókat vezetnek be, a hatóságok pedig a felderített eseteknél szankcionálják a hamisításért felelős élelmiszergyártókat, -forgalmazókat. A dolgozatunkban vázlatosan ismertetett módszerek mellett szükséges továbbá a hamisítás elleni nemzetközi összefogás, a stratégiák, intézkedések összehangolása, és a rendszeresen ismétlődő ellenőrzési akciók.

A hamisítások az esetek többségében csak az élelmiszerek érékszervi, összetételi jellemzőit rontják, ezért a médiában általában nem is kapnak megfelelő figyelmet, pedig a hamisítások eredménye olykor életveszélyes, sőt akár halálos kimenetelű is lehet (például a csecsemőtápszer melaminnal történő hamisítása).

A hamisítás célja szinte minden esetben a jogtalan pénzügyi haszonszerzés. A hamisítókat nem érdekli – és sokszor nincsenek is tisztában azzal –, hogy milyen következményekkel járhat a termékeik elfogyasztása, egyedüli céljuk a minél nagyobb profit elérése. A hamis összetevők gyakran ismeretlenek, ezért detektálásuk gyakran nagyon nehéz.

Írásunk második részében, a tej és a tejtermékek hamisítása kapcsán bemutattuk, hogy a hamisítók hiába járnak mindig egy lépéssel az ellenőrzést végző szakemberek előtt, az analitikai kémia és az élelmiszeranalitika fejlődésével folyamatos azoknak a módszereknek a kidolgozása, amelyekkel a hamisítás tényre felderíthető. Írásunkkal az élelmiszerhamisításra, a hamisítás elleni küzdelemre, a tudatos vásárlásra, és a fogyasztók rossz minőségű élelmiszerektől, hamisítványoktól történő megóvására szándékoztunk felhívni a figyelmet.

Az élelmiszer hamisítással kapcsolatban befejezésül álljon itt egy részlet Hamvas Béla „A rántottleves” című esszéjéből:

„A bűncselekmények között kétségtelenül legsúlyosabb az élelmiszerhamisítás. Ebben bizonyos tekintetben együtt van az árulás, a káromlás, a mérgezés, a csalás, a hazugság, mindez alattomosan és elrejtve; gyűlöletes nyereségvágyból visszaél azzal, hogyha az ember megéhezik, ennie kell. Akármilyen rettenetes, de úgy van, ahogy DOSZTOJEVSKIJ mondja: rugdaljatok, püföljétek, alázzatok meg, köpdössetek le, csak adjatok enni, enni. Az étel hazugságnál csak egy még súlyosabb van, a hamis próféta, amely az embert hazug gondolatokkal mérgezi meg. A nemes és valódi kenyert már csaknem elvesztettük. Alig van ennél nagyobb hiány, s ezért ennél mélyebb fájdalom. A rántottleves olyan egyszerű és szerény, hogy azt hamisítani még senkinek sem jutott eszébe. Talán azért is, mert olyan olcsó, és nem érdemes. Helyzetünk mindenestre nem reménytelen, még van Bach zenénk és Palazzo Pittink, van Velázquezünk és Hölderlinünk, a normalitás még nem tűnt el teljesen, amíg van rántottlevesünk, krumplink és főtt rizsünk [106]

Counterfeiting of milk and dairy products, and analytical methods suitable for the detection of counterfeiting

KEYWORDS: food counterfeiting, counterfeit foods, counterfeiting of milk and dairy products, analytical methods

1. SUMMARY

In the first part of this review article, the authors write about food counterfeiting in general, and then seek answers to the following questions: Are foods counterfeited today? What does food counterfeiting mean and how to combat it? What official measures should be taken when food counterfeiting is detected? What sanctions can be imposed in case of food counterfeiting? In the context of counterfeiting milk and dairy products, the authors of the article report on the counterfeiting of milk from various animal breeds, such as buffalo, goat's and sheep's milk, as well as breast milk using cow's milk, and also on mixing soy milk to cow's milk. They also describe the detection of whey and buttermilk in milk, the determination of whey protein in dairy products, the analysis of milk produced from milk powder and other possibilities of milk and dairy product counterfeiting. Finally, they report on the detection of other fats in milk, butter and ghee (a traditional Indian butter formula made from buffalo milk – the Editor), the watering of milk, the determination of the extent of heat treatment of milk and dairy products, and the detection of the amount of spoiled milk unfit for consumption. The manuscript also describes the principles of analytical methods suitable for the detection of counterfeiting.

2. Introduction

Food counterfeiting is as old as human food production itself. The primary purpose of counterfeiting is to obtain illicit (illegal) profit. The earliest written records of food counterfeiting remain from ancient times, when Hammurabi's laws already prohibited the sale of low quality or overly expensive beers. Anyone who violated the king's laws could face severe punishment, as food counterfeiting could cost him his life [1]. We have written records of wine being counterfeited, primarily watered in the Roman Empire, which was also severely punished [2]. Unfortunately, food counterfeiting is still present in a number of countries today, and so the authorities taking action against it have developed procedures that may be suitable for

the detection of counterfeit foods and provide information on the very fact of counterfeiting [3].

The appearance of counterfeiting of milk is characteristic of newer times, because the watering of milk is simple to carry out: water is cheap and easily accessible. Before the 1800s in England, the counterfeiting of milk with well water was an almost common practice, and it only became less frequent when, at the end of the century, methods were developed to detect milk counterfeiting [4, 5]. Milk counterfeiting still does go on, in some countries and regions it is a daily practice to mask watering by adding salt, and in some cases cooking oil and detergents are added to increase the fat content of the milk [3].

Very expensive cheeses made from milk are also counterfeited in significant quantities. The first counterfeiting, memorable in the history of food production, took place in the United States in the 1870s, when it was found out that high quality Wisconsin cheeses were counterfeited with cheap fats, such as lard, to increase their weight. After the fact of counterfeiting had come to light, the export of these cheeses fell, they lost their reputation, and it took decades for them to recover [3]. Counterfeiting has not ceased to this day; there are many examples of imitating expensive cheeses, but in many cases their quality is not even close to that of the high quality cheeses, which have been matured for several years and are sought after by consumers.

3. Are foods counterfeited today?

The answer is obviously yes: there are regularly news in the media about food counterfeiting, it is enough to think of the recent scandals when honey was counterfeited with high fructose corn starch hydrolyzate until the experts were able to develop the appropriate method to detect the above-mentioned foreign substance in honey [6]. There were two counterfeiting scandals in relation to wines recently. In Austria, four wineries have tried to produce more full-bodied wines using antifreeze containing ethylene glycol, which causes severe poisoning in the human body. As a result of this case, Austrian wines disappeared from the shelves of European supermarkets for a long time [7].

Unfortunately, a few years after the Austrian case, a memorable wine counterfeiting scandal took place in Hungary as well, when a winemaker tried to "improve" Eger bull's blood with glycerol. Although glycerol, which is also found originally in wine, is not toxic to the human body, but a glycerol content above the permissible tolerance limit is considered to be counterfeiting [8]. Certain beverages can be easily counterfeited by the addition of food concentrates, especially sugar solutions, diluted with the proper amount of water. For example, the ratio of glucose to sucrose to fructose in orange juice is 1:2:1, so this food is counterfeited with invert sugar extracted from sugar beet, because its ratio of sugars is the same as that of orange juice. In the case of these foods, to maintain the correct acid-sugar ratio, besides sugar, various organic acids are also added [9].

In parallel with the appearance of counterfeiting, professionals are constantly working on the development of methods to detect the fact of counterfeiting, in order to reduce it. For example, the invert sugar used for counterfeiting with sugar solution also contains trisaccharides, which may be a marker for counterfeiting. The malic acid used to adjust the acid ratio of orange juice is available in the DL version because of its industrial manufacture, while orange juice only contains the natural L version. In synthetic products, the D:L ratio is 1:1, so if this type of artificial „apple juice“ is added to the orange juice, then the pres-

ence of D-malic acid indicates counterfeiting. The D stereoisomer of malic acid is now readily detectable in foods using either enzymatic methods or high performance liquid chromatography, for example [10].

Of course, many other similar counterfeiting methods could be described, but this is not possible due to the limited scope of our review. The examples listed above suggest that almost any food can be counterfeited, and there may be serious cases where the substances used for counterfeiting are extremely harmful to the human body, and may even be fatal. One such example was the counterfeiting of Hungarian ground paprika with lead oxide in order to make the color of the product more desirable [11, 12]. In China, infant formulas and dog foods were counterfeited with melamine to adjust the apparent crude protein content of the formulas and dog foods, measured on the basis of their nitrogen content, to the required value. Consuming the products counterfeited with melamine has resulted in the deaths of many infants and animals [13].

According to our own records, the following cases of food counterfeiting have been discovered in recent years, in Hungary as well: vegetable fat was detected in milk powder; foreign sugar was mixed with honey, sweetener with powdered sugar; date of minimum durability was falsely indicated; meat products made from poultry were falsely labeled; bakery products were prepared and mineral water was produced using unregistered methods; raw milk and smoked finished products were manufactured without authorization; foods intended for public consumption were marketed in a prohibited way following slaughter in an unauthorized facility.

The motive for counterfeiting is always financial gain. False ingredients are in many cases difficult to detect, because they are often unknown to professionals; inspectors do not necessarily suspect their presence. A good example of this is melamine, which until 2007 was not considered as a contaminant or a substance used for counterfeiting until it became detectable in dog food, and until, in 2008, it caused mass deaths when mixed into infant formulas and other dairy products. It was later discovered that melamine had been used for counterfeiting since 1979 to achieve higher apparent protein content, but this remained hidden from both consumers and researchers until 2007. Counterfeiting with melamine was not suspected by anyone, because the detection of this compound was not part of routine quality control. The food counterfeiting warning system cannot be designed to detect an unmanageable number of potential counterfeiting substances. We believe that the most effective way to combat food counterfeiting in the practice of food quality control is to continuously monitor in the laboratory the amount of components that a good quality food must contain. A well-designed analysis can detect both known and unknown counterfeiting ingredients, which is a great

¹ Szent István University, Faculty of Food Science, Department of Postharvest Science and Sensory Evaluation

² Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechatronics, Optics and Mechanical Engineering Informatics

advantage in an environment where we do not know what kind of dangerous counterfeit product might be encountered.

4. Counterfeiting of milk and dairy products and their detection

To detect counterfeiting, various analytical methods, most often large instrument techniques are used by professionals [3]. Since the description of the diverse practices of counterfeiting would require the review of scientific literature that would fill several libraries even in the case of the most important staple foods, only the sophisticated methods of counterfeiting milk and dairy products are presented in this paper, and the often seemingly complex analytical steps by which counterfeiting can be detected [14, 15, 16].

High quality milk and dairy products are free of impurities, unpleasant odor and taste and pathogenic microorganisms; its somatic cell count and total microbial count must not exceed the permitted values; it must not contain foreign water and any foreign substance, it has a good smell and a taste characteristic of milk. Its composition complies with the Hungarian Food Codex regulation for milk and dairy products and, in the case of products not produced according to the food codex, with the specification stated on the product data sheet. Its antibiotics and other toxic contaminant content must not exceed the values laid down in European Union laws currently in force [17, 18, 19].

In the case of raw milk intended for marketing, the addition of any other ingredient (mainly water) to milk or the removal of any ingredient (mainly fat) is considered counterfeiting [20]. Counterfeiters most often add water or skimmed milk to milk or extract a significant portion of its original fat content [3, 21, 22]. This type of counterfeiting can be detected by measurement of density, checking the freezing point or by determining the fat content. Milk contaminated, infected with dirty water, cleaning agents, plant residues, animal hair, dust, other contaminants, animal urine or faeces can be tested organoleptically and distinguished from high quality milk [17]. However, to bring to light counterfeiting that cannot be detected by organoleptic methods, chemical analytical test methods are required. The authorities supervising the marketing of milk in several countries have introduced a scoring system that penalizes the presence of factors that impair the quality of milk and, consequently, provides a lower income for farmers who produce inadequate milk. Particular attention is paid to the contamination of milk with antibiotics, radioactive substances, chlorinated hydrocarbons and heavy metals [17, 20, 23].

4.1. Milk from different animal breeds and their counterfeiting

The mixing of cow's milk and buffalo milk, or cow's milk, goat's milk and sheep's milk is a common prac-

tice worldwide. In the food law system of the European Union this is not allowed, the mixing of different types of milk is considered counterfeiting. Cow's milk is most often counterfeited with goat's milk, but it also happens often that otherwise high quality goat's milk is counterfeited with water or cow's milk [24, 25]. When goat's milk is counterfeited with cow's milk, its nutritional value remains unchanged, and if the amount of cow's milk added does not exceed 15%, its detection in goat's milk is difficult. The mixing of milks causes organoleptic defects during the production of cheeses, because different types of milk give cheese different flavor and taste, moreover, milk from a foreign species can trigger an allergic reaction in the body of the consumer [26].

4.1.1. Analysis of the composition of mixed milk samples from different animal breeds

Several methods have been developed by researchers to detect counterfeiting by mixing different types of milk [27]. Lees et al., Aranda et al. [28], Bitri et al. [29] and Castro et al. [30] reported immunoassay methods. Cartoni et al. [31], Kaminarides and Koukissa [32], Lee et al. [33] and Müller et al. [34] used gel electrophoresis. Špoljarić et al. [35] and Mayer et al. [36] separated the casein fractions by isoelectric focusing, and milk samples from the different animals were identified based on this. Milk samples were analyzed on the basis of their long-chain fatty acid content by Gutiérrez et al. [37], by gas chromatography by Cartoni et al. [38] and by examining their casein mono-peptide content using high performance liquid chromatography by Ferreira and Oliveira [39], and their composition was determined on these basis.

Different types of milk can also be identified by differences in their chemical composition and UV spectra [17], but the different fatty acid composition of cow's milk and goat's milk and the difference in their indexes calculated from the fatty acids can be helpful in the detection of counterfeiting [38].

Short-chain fatty acids and the index values calculated from their concentrations are particularly suitable for the detection of dairy product counterfeiting, and gas chromatography analysis have also show that since cheeses made from goat's milk and sheep's milk have different short-chain fatty acid patterns that those made from cow's milk, the different cheeses can be easily distinguished from each other using these index values [37, 38]. The average ratio of lauric acid to capric acid in cheese made from cow's milk is 1:1.16, in goat cheese it is 1:0.46, while in sheep cheese it is 1:0.58. This ratio can provide information on the amount of cow's milk in goat or sheep cheese. The mixing of cow's milk to goat's milk can also be detected on the basis of the β -carotene content, since this compound is not found in goat's milk [40]; the addition of 20% goat's milk to cow's milk can already be detected on the basis of the UV spectrum.

Based on the significantly higher riboflavin content and xanthine oxidase activity of cow's milk, enzymatic methods have also been developed for the detection of cow's milk added to sheep's milk, and thanks to these 2% cow's milk in sheep's milk can already be detected. The deficiency of the method is that heat treatment destroys enzyme activity, and so it cannot be applied in the case of heat treated milk.

The mineral content of sheep's, goat's and cow's milk is relatively constant, but the ratio of the different elements in various milks may be very different. The amount of minerals is also influenced by the technology: there are marked differences between cheeses made from different milks [41]. For example, the ratio of calcium to magnesium is 23.3 in cow's milk, but only 17.2 in sheep's milk. Based on this, dairy products made from the two types of milk can be easily distinguished. For example, professionals found differences in the K/Mg, Na/Ca, Cu/Zn and Cu/Na ratios of cow's, goat's and sheep's milk, and multivariate analysis of trace elements (Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd and Pb) could be used to distinguish between the milks of the different species [41].

Researchers were able to distinguish cheeses made from the milk of different species by electrophoresis, for example, on the basis of the different mobility of various casein fractions (primarily κ -casein), but whey protein fractions were also found to be useful in this case [42]. Because the mobility of the α -casein and β -lactoglobulin fractions of cow's milk is significantly higher than that of goat's milk fractions, they are also suitable for the detection of counterfeiting [28]. Based on the α s₁-casein fraction of cow's milk, the addition of 5-10% of cow's milk to goat's milk is detectable, and the same can be said about the β -lactoglobulin fraction [31].

In the case of cheeses, the α -casein fraction is significantly more sensitive than the β -lactoglobulin fraction. The reason for this is that, on the one hand, its concentration is low because it is removed from the dairy product during cheese making, and on the other hand it tends to precipitate, which also reduces its amount. Analyses related to α -casein are based on the assumption that its concentration in cow's milk is relatively constant, although some studies have shown that individual differences that also influence coagulation may be significant, making it difficult to detect less than 5% cow's milk in goat cheese [32, 36].

Isoelectric focusing following the urea extraction of cheeses allows for a much more accurate determination of the amount of goat's milk in goat and sheep cheese on the basis of the para- κ -casein content, compared to the method based on α -casein. With the help of this method, using densitometric evaluation, 1-2% of cow's milk can be detected in sheep's milk and sheep cheese [36].

High performance liquid chromatography (HPLC) is also suitable for the detection and quantification of a minimum of 2% of cow's milk added to goat's or sheep's milk. A minimum of 2.5% cow's milk can be detected in sheep's or goat's milk by immunodiffusion methods and immunoelectrophoresis [43]. The above methods are also suitable for determining the amount of cheese coming from cow's milk, provided that the amount of cow's milk added is at least 10%. For the detection of cow's milk in sheep's and goat's milk, radial immunodiffusion has previously been used by experts, but this technique has not gained much ground in practice. Rocket immunoelectrophoresis is also effective in detecting cow's milk in the milk of the other two species (when mixing 1-5% cow's milk to goat's milk), because there is no cross-reaction between the antibody and goat's milk. The method is applicable to both heat treated, homogenized and raw milk [44].

Experts have also used the ELISA method with adequate efficiency to detect cow's milk in sheep's milk and sheep cheese, although a weaker immune response was obtained for gently and ultra-high temperature pasteurized milk, as well as sterilized milk, due to probable precipitation [42, 43].

When comparing the methods it can be stated that electrophoresis, especially polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE), gives more accurate and reliable results than immunoelectrophoresis or radial immunodiffusion. Using electrophoresis, the addition of 5% of goat's milk to sheep's milk can be detected with greater certainty [45, 46].

4.2. Counterfeiting of buffalo milk with cow's milk

During the production of mozzarella (a typical Italian cheese), water buffalo milk is often counterfeited with cow's milk because of its low price. Electrophoresis can be used successfully to detect cow's milk added to buffalo milk, based on the electrophoretic mobility of the caseins. α - and β -caseins are the most suitable for the purpose, since their mobility differs most from each other. Of the casein fractions, the best results for both polyacrylamide and agarose gel electrophoresis were obtained in the case of α s₁-casein. The corresponding pairs of casein fractions can be found in cow's milk and buffalo milk; these can be separated by isoelectric focusing (IEF) [47].

To distinguish between the two milks, the use of proteolytic enzymes was attempted by the experts, followed by the separation of the fractions. The difference in the electrophoretic mobility of the fractions obtained can also be utilized well in the detection of cow's milk in buffalo milk. Attempts were made to analyze the γ ₂ and γ ₃ casein fractions after plasmin administration using PAGE and IEF. This method has been shown to be suitable for the detection and quantification of one type of milk in another at a level of 1%, using the casein fractions already mentioned [48, 49].

Researchers have also tried to use electrical conductivity to detect counterfeiting, based on the principle that the electrical conductivity of buffalo milk increases proportionally with the amount of cow's milk added [50]. The determination of the fatty acid composition of the fat may also be a suitable method; in this case, the palmitic and oleic acid content of the milk fat of buffalo milk in the liquid phase increases significantly as a result of the addition of cow's milk. These two fatty acids are extremely sensitive to mixing with cow's milk, and can be used to detect with high certainty the addition of 5% of cow's milk to buffalo milk. Since the fatty acid composition is also affected by the season, the region and the animal feed, it is advisable to carry out the comparison of the fat composition of the two species in different environments, and to establish a system of estimation of the proportion of cow's milk that takes into account local characteristics [51].

Methods have been developed based on the antibody produced by the casein micelles of buffalo milk in rabbit, as well as on carotene content; the latter uses the fact that the carotene content of buffalo milk is significantly lower than that of cow's milk. Compared to cow's milk, buffalo milk contains more lactenin and less agglutinin, which may also be the basis of distinction [52, 53].

The milk of different animal species can also be distinguished on the basis of various volatile components. For example, in cow's, goat's and sheep's milk, dimethyl sulfone accounts for 25% of all volatile components, while this proportion is only 4% in buffalo milk, which can also be used to distinguish between the two milks of different origin. 3-Methylbutanal is only found in buffalo milk, phenylacetaldehyde and benzaldehyde in high concentrations in goat's milk, while 2-methylketones and 1-octene-3-ol in high concentrations in buffalo milk. Phenylethanol cannot be detected in sheep's milk and goat's milk at all, but it is present in buffalo milk at a concentration one hundred times higher than that in cow's milk. The methods described above can all serve as the basis for potential analytical methods [54, 55].

4.3. Counterfeiting of breast milk with other milks

In the flocculation test routinely used in milk analysis, casein type proteins are precipitated at 37 °C and whey proteins at 60 °C using a calcium acetate solution of suitable concentration, but it does not react with human milk or colostrum. If flakes precipitate from breast milk, it also contains cow's milk [58]. Cow's milk added to breast milk can also be detected by a saturated copper sulfate solution containing 4% cadmium sulfate, in the reaction of which a precipitate is formed if the breast milk contains cow's milk. The watering of breast milk becomes detectable by the increase in freezing point, but this method is for information purposes only, as the freezing point may vary from person to person, and even from time to time in the case of the same person [57].

Cow's milk added to breast milk is relatively easy to detect based on differences in the properties of the protein fractions of breast milk and cow's milk. Since β -lactoglobulin is not present in breast milk, its presence is a clear indicator of counterfeiting. The α -lactalbumin in the whey protein fraction and the κ -casein in the casein fraction were also found to be suitable for proving counterfeiting. With the help of these protein fractions, the addition of 1% of cow's milk to breast milk can already be detected. The method used is PAGE and IEF [59].

The free amino acid and taurine content of breast milk is significantly higher than that of cow's milk. While the taurine content of breast milk is 33.5 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$ on average, that of cow's milk is only 1.9 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$, while the concentration of glutamic acid is 262.7 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$ and 28.8 $\mu\text{mol}/100\text{ ml}$, respectively. Based on these averages, cow's milk in breast milk can be detected, as it reduces the amounts of both taurine and free glutamic acid significantly. Taurine and free glutamic acid contents can be determined by ion exchange column chromatography with post-column derivatization with ninhydrin or by high performance liquid chromatography and pre-column derivatization [60].

4.4. Soy milk in cow's milk

Today, soy milk and soy protein receive a lot of attention both from an economic and nutrition point of view. This is particularly true for developing countries, where there is a shortage of high quality protein of animal origin, and soy protein can be used to replace, substitute or supplement it. In addition, soy milk and dairy-like substances made from it are ideal nutrients for vegetarians and people with milk protein allergy. However, it is not easy to find analytical methods that can detect soy protein added to milk, because the addition of 10-20% of soy milk to cow's milk does not change the organoleptic properties of either yogurt or cheese. The addition of 20% of soy milk does not change the curdling time, but in the case of larger quantities, longer curdling times are expected [61, 62].

The similarities in their structure pose a particular difficulty for analysts when it comes to detecting soy proteins in a dairy product. Several methods have been developed for this purpose: sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE), various serological methods and peptide analysis. These types of analysis are based on the differences in the protein content of soy milk and cow's milk [62]. PAGE, with the application of a pH 8.6 TRIS (tris(hydroxymethyl)aminomethane) buffer, can be used to separate six fractions of cow's milk and nine fractions of soy milk. The electrophoretic mobility of the soybean globulin fractions is greater than that of the corresponding milk protein, κ -casein, but less than that of γ -casein. This method makes it possible to detect the addition of 2% of soy milk

to cow's milk. In addition to the above-mentioned methods, PAGE, SDS-PAGE and HPLC are also useful for the detection of soy proteins. With these methods, the addition of 5% of soy milk to cow's milk can be detected with high certainty and its quantity can be determined [63].

When evaluating the peaks obtained in the HPLC analysis with the help of a calibration curve, it can be stated that more than 1% of soy milk in cow's milk can be detected with high confidence. The disadvantages of these methods are that they are expensive, required skilled personnel and expensive instruments, whereas ELISA methods are significantly cheaper and can also detect soy milk in excess of 1%. In addition to soy milk, coconut milk added to cow's milk can also be detected by the above methods [64].

4.5. Detection of whey and buttermilk in milk

Due to the increased production and consumption of cheese today, the amount of whey remaining in the factories has also increased, the use and disposal of which often presents difficulties. Whey powder made from whey is significantly cheaper than skimmed milk powder, but its use is limited, due to its high lactose content [38]. According to manufacturing specifications, skimmed milk powder may only be made from skimmed milk [105], it cannot contain rennet, and cannot contain dry matter from whey or buttermilk. In many parts of the world, buttermilk remaining after the production of butter from sweet cream is added as a powder to skimmed milk powder; various methods have been developed by the experts to detect this. Counterfeiting can be traced on the basis of the amount of the whey protein fraction and lactic acid, which is positive if it exceeds 150 mg/100g, and on the basis of the ash content, which is positive if it exceeds 8%.

Methods that can be used to detect buttermilk powder include electron microscopy, because the particles have different surfaces if the powder is made from skimmed milk or buttermilk, and the acid precipitation test, during which casein micelles, whey proteins and the membranes of the large amounts of fat globules in buttermilk behave differently.

The counterfeiting of pasteurized milk is also a major problem in many countries. Since the price of whey is low and its organoleptic properties are not significantly different from those of milk, it is possible to obtain illegal economic benefits by counterfeiting milk with whey [65]. However, the amount of whey in milk can be determined by the casein/whey protein ratio. Casein in the milk sample can be determined by precipitation at pH 4.6. Whey protein remains in the phase above the precipitate. The casein and phosphorus contents of milk are closely related, since only casein can bind phosphates by an ester linkage. One can thus draw conclusions regarding

the casein content from the phosphorus content, and from the casein content regarding the counterfeiting of milk with whey [65].

4.5.1. Whey protein in dairy products

It is important to know how much milk dry matter the various dairy products contain, and how much of this is whole milk powder. Frozen dairy products should contain at least 10% fat and 20% dry matter. In addition, when investigating counterfeiting, the ratio of whey protein and casein in the sample should be determined. For this purpose, for example, to determine the protein content of ice creams, the so-called dye-binding methods are suitable, but they give slightly different results than the conventional Kjeldahl method. Casein is difficult to separate from whey protein, because they precipitate together after various heat treatment processes, and so they are practically inseparable [39].

In order to determine these two proteins, either the complex they form must be disrupted, or other solutions, such as estimation based on phosphorus content, must be employed. Since phosphorus is only bound to casein, the amount of casein can be estimated on the basis of the phosphorus/nitrogen ratio, even in complex matrices such as ice cream [66]. Radial immunodiffusion can also be used to estimate the amounts of casein and whey protein. The determination of the casein content based on the phosphorus content can be applied to both sodium caseinate and processed dairy products [67]. The addition of whey powder, buttermilk powder or caseinate to skimmed milk can be detected with the help of the cysteine-cystine (S-S) complex or sialic acid. Cysteine and cystine contents can be measured by the modified ninhydrin reaction or by ion exchange column chromatography. The amount of SH groups in normal skimmed milk powder is 86.4 $\mu\text{g}/\text{g}$ protein on average, showing a linear increase on the addition of whey or whey protein. The addition of 10% of whey protein to skimmed milk powder significantly increases the concentration of SH groups, so the amount of added whey or whey protein can be easily determined by this method. If the cysteine to cystine ratio in the sample is greater than 3 and the sialic acid content exceeds 3%, the addition of whey protein can be considered as proven. HPLC and gel electrophoresis can also be used, but these techniques are much more expensive [39].

The amount of added whey protein can also be determined on the basis of the amino acid composition, if it is equal to or greater than 10%. This method is unaffected by whether the whey protein is denatured or not, or whether there has been heat treatment or not. Researchers have also attempted the determination of glycomacropolymers by liquid chromatography or spectrophotometry, but a number of erroneous results have been obtained due to bacterial contamination. However, favorable results have been achieved by de-

testing the addition of whey powder produced using rennin to sweet buttermilk powder. Test results were most reliable when analyzing whey powders [68].

Comparing the analytical methods listed above, it can be concluded that the HPLC method outperforms all others in terms of both reliability and sensitivity, and can be used to detect the addition of even 0.5% of sweet whey powder to the given dairy product on the basis of the analysis of the protein fractions [69].

The sweet whey powder produced during cheese making contains much more of the water-soluble molecules also found in milk, therefore it has higher lactose, sodium, potassium and chloride contents. As a result, milk made from milk powder will have a significantly lower freezing point when whey powder is added. Using regression equations, the amount of added whey powder can be calculated from the decrease in the freezing point.

There are other known methods for determining the amount of added whey powder, but these require complicated sample preparation procedures and therefore are not widespread in practice. Fourier-transform infrared spectroscopy can be suitable to discriminate between proteins [70].

4.5.2. (Reconstituted) milk made from milk powder

During the production of milk powder some of the proteins are denatured, which can be used to detect reconstituted milk. No differences could be detected between normal and reconstituted milk either by the dye-binding method or gel electrophoresis. However, based on the ratio of β -casein to α -lactalbumin, the addition of 25% of reconstituted milk to normal milk can be detected [71].

It has been determined by experts using electron microscopy that reconstituted milk contains aggregates with diameters greater than 500 nm, which are not present in normal milk [72]. Doerr et al. also experimented with the addition of resazurin, which gives different colors in the case of the two milks due to the total reducing capacity of milk. It is assumed that even if the density and freezing point values are within the expected range, the nitrate content of reconstituted milk will be higher than that of the extremely low nitrate content of normal milk because of the nitrate content of the dilution water used. If the nitrate content is on average 1 mg/kg higher than that of milk in general, then the milk is likely to contain reconstituted milk. During this determination, nitrate is converted into nitrite, which can be measured with adequate precision using a chemiluminescent method [73].

4.5.3. Other possibilities of milk and dairy product counterfeiting

If the manganese content of milk is high, counterfeiting with calf feed can be suspected, as its manganese

content can be as high as 10-15 mg/kg, while that of milk is only 0.021 mg/kg on average [74]. Supplementation of pure milk with milk containing vegetable proteins can be detected by measuring the nitrogen content of the whey protein after the precipitation of the casein present.

The addition of raw milk to pasteurized milk can be detected by measuring the activity of the phosphatase enzyme [75], while the authenticity of mozzarella cheese can be verified by scanning electron microscopy or scanning calorimetry, because counterfeit products contain fat globules that are not present in the authentic cheese [76].

Glucose, cane sugar, urea or ammonium sulfate are added to milk to hide the fact that it is diluted with water. These substances can also prevent the increase in freezing point, so sophisticated analytical methods are needed to detect counterfeiting. Because of the milk sugar originally present in the milk, sugar added to milk can only be detected using several separation techniques, in particular by liquid chromatographic separation; in this case, not the total amount of sugars, but individual sugars are determined by the researchers. Sugars are hydrolyzed by invertase enzyme, and the glucose and fructose produced can be determined by a rapid method using the glucose oxidase peroxidase test [61].

Addition of table salt to milk up to 0.4% does not cause a change in taste, but at the same time, 13% of water can be added to the milk without significantly changing its freezing point. To reduce acidity and increase shelf-life, counterfeiters sometimes add ammonia solution, or sometimes sodium bicarbonate or antibiotics. The addition of 0.3% sodium bicarbonate to milk allows it to be diluted with 10% of water without significant changes in the measurable parameters [77].

4.5.4. Other fats in milk, butter and ghee (a traditional Indian butter formula)

Since milk fat is one of the most expensive fats, counterfeiting it with other cheap fats occurs almost everywhere in the world. Most often vegetable oils, particularly linseed oil and beef tallow are used. In many countries, various methods have been developed by the experts to detect butter counterfeiting. Most of the methods are based on the determination of the structure of triglycerides, on fatty acid composition analysis, on the measurement of unsaponifiable lipids (sterols, sterol esters, tocopherols, carbonyl compounds) and the analysis of various physical properties [78].

The most promising method for the detection of counterfeiting is based on the analysis of triglycerides; during this, with the help of triglycerides with different carbon atom numbers, milk fat can be easily separated from other fats and the addition of already

5-10% of foreign fat can be detected with great certainty. Researchers have developed different formulas to be able to discover not only the fact of counterfeiting, but also the type of fat used to counterfeit the given milk fat. These methods are based on the fact that only milk fat contains butyric acid, caproic acid, caprylic acid and capric acid, and therefore it has a much higher concentration of lower carbon triglycerides than other fats [79].

However, the results obtained should be treated with caution, as not only the fatty acid composition but also the triglyceride composition may vary with the season, the region and the lactation state. For example, winter milk contains more short and medium chain triglycerides than summer milk. Ultraviolet light absorption was not successful in the detection of vegetable oils in milk fat, but the measurement of the concentration of butyric acid was successful, as was the gas chromatographic separation on a capillary column, whereby not only fatty acids but also stereoisomers (cis, trans, cis-trans, cis-cis, trans-trans, etc.) could be determined. Infrared spectroscopy was also used effectively to identify the latter [80].

Parodi and Dunstan were able to detect 0-30% of cotton seed oil added to butter by the infrared spectroscopy of trans-unsaturated fatty acids. Trans-unsaturated fatty acids occur naturally in milk fat, but they are not present in naturally occurring, non-hydrogenated (catalytic hydrogenation) vegetable oils, so measuring the concentration of trans-unsaturated fatty acids allows for the detection of counterfeiting of butter. The results obtained once again should be treated with caution as the amount of trans fatty acids may be affected by the trans fatty acid content of the feed and the biohydrogenation processes that take place in the rumen of the cow [81]. Microorganisms in the rumen are capable of saturating unsaturated fatty acids and synthesizing trans isomers from cis isomers, and even of producing conjugated double bonds from isolated double bonds, resulting in the formation of the cis9, trans11 conjugated linoleic acid, considered to be extremely useful for humans, and its other positional isomers [82].

Various indices of pure, unadulterated milk fat are determined by the experts during classification with the help of fatty acids. By comparing the fatty acid composition of the counterfeit sample with that of the pure sample, counterfeiting can be confirmed and researchers can also obtain information on the substance used to counterfeit the given butter. Butyric acid, caproic acid and cholesterol were determined by Japanese researchers by gas chromatography, and the data obtained were used to conclude counterfeiting. Based on the ratio of butyric acid to caproic acid, they were able to detect counterfeiting when beef tallow or coconut fat transesterified with butyric acid was added to the butter, sitosterol content had also been used previously to detect counterfeiting [83].

Although seasonal and geographical differences may be significant in terms of the composition of milk fat, they become almost negligible when the fatty acid compositions and cholesterol contents of butter and other fats and oils, used for counterfeiting, are compared [78]. Particularly useful in detecting the counterfeiting of butter is the determination of the lauric acid-capric acid, myristic acid-capric acid and myristic acid-lauric acid ratios. The following oils and fats are regularly used to counterfeit butter:

Vegetable fats. The fatty acid composition, mono-glyceride and triglyceride content of of milk fat is so different from those of other fats that counterfeiting by not only vegetable fats but animal fats can be detected easily by measuring these components [84]. In view of the differences between the varieties, climatic conditions and geographical locations, vegetable fats can be detected in milk fat with high certainty based on the lauric acid-capric acid ratio. 10% of coconut fat, palm or rapeseed oil, as well as 5% of soy oil added to milk fat can be easily detected based on long and medium chain triglycerides and sterols [78].

Partially hydrogenated vegetable fats can be detected in cheese by gas chromatographic separation, based on the fatty acid composition. Of the fatty acid indices, the ratio of butyric acid to oleic acid is the most sensitive to counterfeiting, because vegetable oils contain a lot of oleic acid, but practically no butyric acid. This method cannot be used in the case of coconut fat, which contains relatively little oleic acid [85].

Ghee butter is counterfeited with vegetable fat made from the fruit of the Phulwara tree grown in India, because its color and texture are very similar to those of ghee, but its price is significantly lower. Its quantity is determined by the TLC analysis of the triglycerides. Since this is a vegetable fat, counterfeiting can also be detected by measuring the cholesterol content. Cholesterol or phytosterol measurements can be used to detect any kind of vegetable fat, since the vast majority (more than 99%) of the sterol content of butter is cholesterol; no other type of sterol compound is present in it in detectable amounts. Cotton seed oil contains mainly β -sitosterol [83], but also some γ -sitosterol and stigmaterol, so counterfeiting with vegetable oil is clearly indicated by a decrease in the concentration of cholesterol in the counterfeit food, and also an increase in the concentration of plant sterols [86]. The method is unaffected by the refining, deodorizing or steaming of fats, but animal fats with similar cholesterol content cannot be detected in milk fat by this method. More than 2% of maize or rice oil, more than 5% of cocoa butter, rapeseed, sesame, soybean, linseed or hazelnut oil, more than 20% of coconut fat or palm oil and more than 35% of palm kernel oil can be easily detected in butter using the above method. Garcia et al. [80] used the MALDI-QTOF MS technique with sufficient efficiency to detect the counterfeiting of milk powder with vegetable oils and fats.

The detection of counterfeiting can also be based on the fact that the proportion of total hydrocarbons and sterols in the unsaponifiable fraction is completely different in bacon, margarine and ghee. Bacon and margarine contain 20 to 30 times as much hydrocarbon as bovine ghee, and 10 to 15 times as much as buffalo milk ghee. Based on the above, using the regression equations calculated, lard or margarine added to ghee can be detected with high confidence [87].

The various vegetable oils also contain compounds that are present only in the particular type of oil and not in other ones. An example for this is the presence of sesamin and sesamol in sesame oil, the detection of which, together with a high tocopherol content, clearly indicates counterfeiting. Counterfeiting can also be detected by differential scanning calorimetry and differential thermal analysis, but these methods are not widespread in practice. Alcohol-soluble and alcohol-insoluble triglyceride contents are also suitable for distinguishing and for the detection of counterfeiting [88].

Animal and marine fats. The detection of animal body fats in butter is difficult because they have many properties in common. It can even be stated that if buffaloes are feed with cotton seed cake, their milk fat will be similar to the butter counterfeited with animal fat. Since animal fats are difficult to detect in milk fat, a number of methods have been developed by the experts, and these have been applied more or less successfully [89].

Researchers investigated the different solubilities of milk fat and animal fats in a 3:4 mixture of acetic acid and ethanol using the following techniques: measurement of „butyric acid number”; analysis of the critical melting temperature (ghee between 49.5-53.5 °C, tallow between 70-73 °C); measuring the fat content precipitated and not precipitated by urea; fluorescence, during which counterfeit ghee exhibited a blue fluorescence, while the original, unadulterated ghee showed a pale green fluorescence; various chromatographic techniques were used mainly to determine triglycerides or some fraction, but most often fatty acid composition, which was then used to estimate the various fats added to the butter by forming indices [84, 89].

From the point of view of applicability, the most useful of these indices are the stearic acid-oleic acid ratio, the ratio of total saturated and total unsaturated fatty acids, the palmitic acid-stearic acid ratio, and the ratio of saturated and unsaturated triglycerides [90]. Experts have also tried enzymatic methods, namely the analysis of free fatty acids remaining after the application of the lipase enzyme, as well as the determination of 2-monoacylglycerol, which showed that short chain fatty acids in triglycerides are less resistant to lipase attack than long chain ones [91]. Butter and lard can be distinguished by UV spectrum analysis in the 220-420 nm range, while butter and tallow could not be distinguished [92].

After separation by chromatography, fish oil and butter are easily distinguished by their different fluorescent signals. It was easy to separate and distinguish 5-20% of dolphin oil from butter by the distillation and chromatographic determination of volatile fatty acids [93]. Counterfeiting of butter with triacetin or hydrogenated dolphin oil could be detected by measuring the conductivity of the volatile distillate, since the conductivity of pure butter is lower than that of the counterfeit one, due to the higher concentrations of acetic acid and isovaleric acid in dolphin oil [94].

Butter is also considered to be a counterfeit product if it is made from the milk of different animal species or if the milk fat itself is modified by some technological intervention. When utter is produced from blended milk of different ruminant species, it is almost impossible to detect, because even gas chromatographic fatty acid analysis is not sensitive enough to distinguish the counterfeit product from the real dairy product. In India, large quantities of hydrogenated vegetable oils are used, which is a major source of counterfeit ghee. Since the degree of hydrogenation can now be controlled precisely, this type of counterfeiting is difficult to detect even with sensitive gas chromatography techniques [95].

4.5.5. Watering of milk and its detection

The watering of milk can be detected easily by determining the freezing point, because water increases the original freezing point of milk. 3% of water added to milk can be detected with a high degree of certainty on the basis of freezing point using a thermistor cryoscope [96].

The freezing point of milk can be ascertained to the next one thousandth of degree using a Beckmann cryoscope. The freezing point of milk varies between -0.53 and -0.56 °C. If the milk tested has a freezing point greater than -0.53 °C, it is counterfeited with water. If the freezing point of milk increases from -0.53 °C to -0.27 °C, the extent of dilution is estimated to be between 2 and 50%, so this method not only detects the fact of counterfeiting, but also also provides data on the amount of water added [97].

The osmotic pressure of milk is mainly due to lactose (4.6-4.9% in cow's milk), secondly to the sodium and potassium ions, followed by the rest of the minerals, because the effect of the other components on the osmotic pressure is negligible. The hydrolysis of lactose to glucose and galactose significantly reduces the freezing point (by -0.274 °C) and increases the osmotic pressure. Therefore, when lactose is hydrolyzed, counterfeiting of milk with a moderate amount of water cannot be detected, because the freezing point does not change [98].

Surface tension and viscosity measurements, absorbance measurement, at a wavelength of 280 nm, of the filtrate remaining after trypsin digestion and

trichloroacetic acid precipitation, and the analysis of nitrate ions, which is a clear sign of dilution, were also used to detect the water content of milk. Refractometric analysis of the filtrate remaining after ultracentrifugation can be used to detect the watering of breast milk. Thermistor cryoscope and vapor pressure thermometer were also used to detect the watering of milk, but these methods have not gained widespread use in practice [98].

4.6. Determination of the degree of heat treatment of milk and dairy products

Because of the presence of potentially pathogenic microorganisms, milk must be heat treated. In the dairy industry, almost all milk and dairy products undergo some kind of heat treatment, and only a negligible proportion of traditional dairy products are made from raw milk. Heat treatment is sometimes insufficient to kill pathogenic germs, and sometimes, due to technological defects or deliberately, raw milk is mixed with pasteurized milk, which can be detected and the amount of raw milk added to heat treated milk estimated by the tests listed below [98].

The Storch test may be used for milk which has been treated at a temperature above 80 °C or for more than 15 minutes at 75 °C, or for cream, sour milk and dairy products, cottage cheese and lump cheese made from such milk. The essence of the method is that the peroxidase enzyme present in raw or improperly heat treated milk, or in products made from such milk decomposes hydrogen peroxide, and the atomic oxygen liberated oxidizes N,N-diethyl-1,4-phenylenediamine hydrochloride to a gray or blue-gray compound [99].

Quantitative determination of the phosphatase enzyme may be used for milk treated at a temperature below 80 °C, or above 75 °C for less than 35 seconds, or at 65 °C for 30 minutes, or for dairy products made from such milk [100]. In raw or insufficiently heat treated milk, or in pasteurized milk mixed with raw milk, or in products made from such milk, the phosphatase enzyme hydrolyzes disodium phenyl phosphate, the phenol liberated during the hydrolysis produces a blue color with 2,6-dibromoquinone-chloroimide, which is proportional to the amount of free phenol and can be measured by photometry [101].

The phosphatase enzyme in raw or insufficiently heat treated milk, or in neat treated milk mixed with raw milk, or in dairy products made from such milk liberates ortho-cresolphthalein from hydrogen ortho-cresolphthalein phosphate, which gives a purple color at basic pH. The color indicates that there is phosphatase enzyme present in the sample, and so the sample did not undergo the desired heat treatment [101].

4.7. Detection of abnormal milk from inflamed udders

Suitable for this purpose are the mastitest kits and the Whiteside test, which indicate the quantitative relationship between the nucleated cells (epithelial cells, leukocytes) in the milk, since the reagent releases the DNA from the nucleus and the extent of the reaction depends on the amount of this mucus-like substance [102]. Within three to five days after calving and during the last month of lactation, milk has a higher content of epithelial cells, so a positive reaction during these periods does not indicate udder disease. The two tests cannot be used for diagnostic purposes, but examination of the milk of the cows can be beneficial as even a mild reaction in the mixed milk indicates inflammation of the udders, poor udder health [103].

4.8. Detection of the amount of spoiled milk unfit for consumption

The alizarin test, which is based on the detection of changes in the acidity and pH of the milk, is suitable for this purpose. The test can be used to isolate milk from an inflamed udder in the barn, but it can also be used to monitor changes during transport or storage. Since proteins in milk lose their original shape as a result of the increase in acidity, the pH change may also indicate whether the milk is suitable for the manufacture of dairy products such as UHT milk or milk powder. From the reaction of the alizarin indicator and the milk it can be concluded whether the pH of the milk has changed in the acidic or alkaline direction and how this change affects the technological properties of the milk [101, 104].

5. Discussion

One can encounter news of food counterfeiting in the media almost every day. There is hardly any food that has not yet been counterfeited. In most cases, counterfeiters are one step ahead of the people who try to catch them. The many sophisticated ways of counterfeiting can only be combated by the development of anti-counterfeiting organizations all over the world, by the development of national anti-counterfeiting strategies, by the introduction of official measures to detect counterfeiting and the imposition of severe sanctions, and by sanctioning food manufacturers and distributors responsible for the counterfeiting in the cases brought to life by the authorities. In addition to the methods outlined in our paper, there is also a need for international cooperation against counterfeiting, for the harmonization of the strategies and measures, and for regular monitoring action.

In most cases, counterfeiting affects only the organoleptic and compositional characteristics of food and so they usually receive little media coverage, although the result of counterfeiting can sometimes be life-threatening or even fatal (such as the counterfeiting of infant formula with melamine).

In almost all cases, the purpose of counterfeiting is to obtain unlawful financial gains. Counterfeiters do not care, and often do not know, what the consequences of consuming their products are, their sole purpose is to maximize profits. Counterfeit components are often unknown, therefore they are often very hard to detect.

In the second part of our paper, in connection with the counterfeiting of milk and dairy products, it was shown that although counterfeiters are always a step ahead of the professional carrying out the control measurements, with the advancement of analytical chemistry and food analytics, methods that can detect the fact of counterfeiting are constantly being developed. With our paper, we hoped to draw attention to food counterfeiting, the fight against counterfeiting, consumer awareness and the protection of consumers from poor quality and counterfeit foods.

Finally, in connection with food counterfeiting, let us quote the essay of Béla Hamvas titled „Roux soup”:

„Food counterfeiting is undoubtedly the most serious of crimes. In some respects, it comprises treachery, blasphemy, poisoning, cheating and lying, and all this in an underhanded and hidden way; due to abominable greed it abuses the notion that if you are hungry, you have to eat. However terrible it is, DOSTOEVSKY is right: kick me, beat me, humiliate me, spit on me, just give me something to eat, to eat. There is only one thing more serious than food lie: false prophecy, which poisons people with false thoughts. We have almost lost the noble and real bread. There is hardly any greater shortage, and therefore the pain is deeper. Roux soup is so simple and modest that no one has thought of counterfeiting it. Maybe it's because it is so cheap that it's not worth it. In any case, our situation is not hopeless, we still have the music of Bach and our Palazzo Pitti, we have Velázquez and Hölderlin, normality has not completely disappeared as long as we have roux soup, potatoes and cooked rice [106].”

6. References

- [01] King, L.W., Brians, P. (2015): The code of Hammurabi (18th century BCE). Washington State University. The website of professor Paul Brians. pp. 1.
- [02] Római mezőgazdaság és a Római birtok / Borászat /Borhamisítás az ókori Rómában. Színbor és ecetes lőre. <http://66www.hik.hu/tankonyvtar/site/books/b1001/98-056-06Maroti.html> pp. 1. (Hozzáférés / Acquired: 03.04.2019)
- [03] Csapó J., Albert Cs., Csapóné Kiss Zs. (2016): Élelmiszerhamisítás. Debreceni Egyetem Kiadó, Debrecen University Press, pp. 1-217.
- [04] Albert, Cs. – Csapó, J. (2016): Élelmiszerhamisítás, múlt, jelen, jövő. Acta Scientiarum Transylvaniae, Chimica 2013-2014. 21-22/3. pp. 60-69.
- [05] Monteiro, C.A., Moubarac, J.C., Cannon, G., Ng, S.W., Popkin, B. (2013): Ultraprocessed product are becoming dominant in the global food system. Obesity Reviews 14. 2. pp. 21-28.
- [06] Herpai Z., Szigeti, J., Csapó, J. 2013): A rapid and sensitive method for the determination of high-fructose corn syrup (HFCS) in honey. Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria 6. pp. 5-13.
- [07] Kirsch, A. (2016): Az Őrvidék borai. Bortermelés a mai Burgenland területén. Rubicon Történelmi Magazin pp. 56-61.
- [08] Kelemen, Z. Heti Világgazdaság (2009): Hamis bor az év borásznál. 2009. szeptember 30. https://hvg.hu/itthon/20090930_egri_bikaver_vincze_boraszat (2009. szeptember 30.) pp.1. https://hvg.hu/itthon/20090930_egri_bikaver_vincze_boraszat. (Hozzáférés / Acquired: 12. 03. 2019)
- [09] Moore, J.C., Spink, J., Lipp, M. (2012): Development and application of a database of food ingredient fraud and economically motivated adulteration from 1980 to 2010. Journal of Food Science 77. 4. pp. 118-126.
- [10] Hammond, D.A. (2012): Hoe to protect your industry from food fraud. EQCS – An example of Industry working together for everyone's benefit! Eurofins pp. 1-51.
- [11] Kasza, Gy. (2009): Kockázatkommunikáció az élelmiszerbiztonság területén. Doktori értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem, Tájépítészeti és Tájökológiai Doktori Iskola. pp. 158.
- [12] Csóka, M. (2014): Fűszerpaprika őrlémények szín- és illattulajdonságainak vizsgálata. Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszer-tudományi Doktori Iskola. pp. 240.
- [13] Associated Press. China: 'Out of control' dairy system led to abuse. Contaminated formula sickened at least 54.000 babies, killing for. 2008. September 23. pp. 1.
- [14] Csapó J., Csapóné Kiss Zs. (szerk.) (2006): Élelmiszer- és takarmányfehérjék minősítése. Mezőgazda Kiadó, Budapest, (Társszerzők: Babinszky, L., Győri, Z., Simonné Sarkadi, L., Schmidt J.). pp. 1-451.
- [15] Csapó J., Csapóné Kiss Zs. (2007): Biokémia – állattenyésztőknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 1-378.
- [16] Csapó J., Albert Cs., Csapóné Kiss Zs. (2008): Élelmiszeranalitika. Válogatott fejezetek. Scientia Kiadó, Kolozsvár, pp. 1-314.
- [17] Csapó J., Csapóné Kiss Zs. (2002): A tej és tejtermékek szerepe a táplálkozásban. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2002. pp. 1-464.
- [18] Csapó J., Csapóné Kiss Zs. (2009): A tehéntej táplálkozástudományi szempontból legfontosabb összetevői. I. Fehérjetartalom és aminosav-összetétel, zsírtartalom és zsírsav-összetétel. In: A tej szerepe a humán táplálkozásban. (Szerk: Kukovics, S.) Melánia Kiadó, Budapest, pp. 147-165.
- [19] Csapó J., Csapóné Kiss Zs. (2009): A tehéntej táplálkozástudományi szempontból legfontosabb összetevői. II. Laktóz-, ásványianyag- és vitamintartalom. In: A tej szerepe a humán táplálkozásban. (Szerk.: Kukovics, S.) Melánia Kiadó, Budapest, pp. 167-186.
- [20] Csapó J., Salamon R. (2006): Tejipari technológia és minőségellenőrzés. Scientia Kiadó, Kolozsvár. pp. 1-164.
- [21] Csapó J. (2000): Élelmiszereink. Alapvető élelmiszerek. Tej és tejtermékek. In: A táplálkozás egészségkönyve. Szerk.: Hajós, Gy., Zajkás, G., Kossuth Kiadó, Budapest, pp. 131-143.
- [22] Csapó J. (szerk.) (2014): Tejipari Technológia. Tej és tejtermékek a táplálkozásban. Scientia Kiadó, Kolozsvár, (Társszerzők: Fenyvessy, J., Csanádi, J., Csapóné Kiss Zs.) pp. 1-424.
- [23] Csapó J., Schäffer B. (2001): A tej tulajdonságai. In: Tejgazdaságtan. Szerk.: Szakály, S., Dinasztia Kiadó, Budapest, pp. 64-82.
- [24] Bania, J., Ugorski, M., Polanowski, A., Adamczyk, E. (2001): Application of polymerase chain reaction for detection of goat's milk adulteration by milk of cow. Journal of Dairy Research 68. pp. 333.
- [25] Darwish, S.F., Hanaa, A.A., Amin, A.S. (2009): Evaluation of PCR assay for detection of cow's milk in water buffalo's milk. World Applied Sciences Journal 7 (4) pp. 461-467.
- [26] Haza, A.I., Morales P., Martin R., Garcia T., Anguita G., Sanz, B., Hernandez, P.E. (1999): Detection and quantification of goat's cheese in ewe's cheese using a monoclonal antibody and two ELISA formats. Journal of the Science of Food and Agriculture 79. pp.1043-1047.
- [27] Lees, M. (2000): Food authenticity and traceability. Woodhead Publishing Limited. pp. 1-585.
- [28] Aranda, P., Oria, R., Calvo, M. (1988): Detection of cows' milk in ewes' milk and cheese by an immunodotting method. Journal of Dairy Research 55. pp. 121-124.
- [29] Bitri, L., Rolland, M.P., Besancon, P. (1993): Immunological detection of bovine caseinomacropptides in ovine and caprine dairy products. Milchwissenschaft 48. pp. 367-370.
- [30] Castro, C., Martín, R., García, T., Rodríguez, E., González, I., Sanz, B. (1992): Indirect enzyme-linked immunosorbent assay for detection of cow's milk in goat's milk Journal of Food and Agricultural Immunology 4. pp. 11-18.
- [31] Cartoni, G.P., Coccioli, F., Jasionowska, R., Masci, M. (1998): Determination of cow milk in buffalo milk and mozzarella cheese by capillary electrophoresis of the whey protein fractions. Italian Food Sciences 10. pp. 127-135.
- [32] Kaminarides, S.E., Koukiassa, P. (2002): Detection of bovine milk in ovine yoghurt by electrophoresis of para-k-casein. Food Chemistry 78. pp. 53-55.
- [33] Lee, S.J., Chen, M.C., Lin, C.V. (2001): Detection of cows' milk in goats' milk by capillary zone electrophoresis. Australian Journal of Dairy Technology 56. pp. 24-27.
- [34] Müller, L., Barták, P., Bednář P., Fryšová, I., Ševčík, J., Lemr, K. (2008): Capillary electrophoresis-mass spectrometry - A fast and reliable tool for the monitoring of milk adulteration. Electrophoresis 29 (10) pp. 2088-2093.
- [35] Špoljarić, J., Mikulec, N., Plavijanić, D., Radeljević, B. (2013): Proving the adulteration of ewe and goat cheeses with cow milk using the reference method of isoelectric focusing of γ -casein. Mljekarstvo / Dairy 63 (3) pp. 115-121.
- [36] Mayer, H.K., Heidler, D., Rockenbauer, C. (1997): Determination of the percentages of cows', ewes' and goats' milk in cheese by isoelectric focusing and cation-exchange HPLC of γ - and para- κ -caseins. International Dairy Journal 7 (10) pp. 619-628.
- [37] Gutiérrez, R., Vega y León, S., Diaz, G., Sánchez, J (2009): Detection of non-milk fat in milk

fat by gas chromatography and linear discriminant analysis. *Journal of Dairy Science* 92 (5) pp. 1846-1855.

- [38] Cartoni, G.P., Coccioli, F., Jasionowska, R., Masci, M. (1999): Determination of cow milk in ewe milk and cheese by capillary electrophoresis of the whey protein fraction. *Italian Journal of Food Science* 10 (2) pp. 127-135.
- [39] Ferreira, I.M., Oliveira, M. (2003): Determination of caseinomacropptides by an RP-HPLC method and monitoring of the addition of rennet whey to powdered milk. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies* 26 (1) pp. 99-107.
- [40] Iverson, J.L., Sheppard, A.J. (1989): Detection of adulteration in cow, goat and sheep cheeses utilizing gas-liquid chromatography fatty acid data. *Journal of Dairy Science* 72. pp. 1707-1712.
- [41] Fresno, J.M., Prieto, B., Urdiales, R., Sarmiento, R.M. (1995): Mineral content of some Spanish cheese varieties. Differentiation by source of milk and by variety from their content of main trace elements. *Journal of the Science and Food of Agriculture*. 69. pp. 339-345.
- [42] Rodrigez, E., Martin R., Garcia, T. (1990): Detection of cows' milk in ewes' milk and cheese by an indirect enzyme-linked immunoabsorbent assay (ELISA). *Journal of Dairy Research* 57. pp. 197-205.
- [43] Rodrigez, E., Martin R., Garcia, T. (1991): Indirect ELISA for detection of goats' milk in ewes' milk and cheese. *International Journal of Food Science and Technology* 26. pp. 457-465.
- [44] Radford, D.V., Tchan, Y.T., McPhillips, J. (1981): Detection of cow's milk in goat's milk by immunoelectrophoresis. *Australian Journal of Dairy Technology* 36. pp. 144-146.
- [45] Cattaneo, T.M.P., Nigro, F., Toppino, P.M., Denti, V. (1996): Characterisation of ewe's milk by capillary zone electrophoresis. *Journal of Chromatography* 721. pp. 345.
- [46] Cattaneo, T.M.P., Nigro, F., Greppi, G.F. (1996): Analysis of cow, goat and ewe milk mixtures by capillary zone electrophoresis (CZE): Preliminary approach. *Milchwissenschaft* 51. pp. 616.
- [47] Krause, I., Belitz, H.D., Kaiser, K.P. (1982): Nachweis von Kuhmilch in Schaf- und Ziegenmilch bzw.-kase durch isoelektrische Fokussierung in harnstoffhaltigen Polyacrylamidgelen. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung* 174. pp. 195-199.
- [48] Moio, L., Sasso, M.L., Chianese, L., Addeo, F. (1990): Rapid detection of bovine milk in ovine, caprine and water buffalo milk or cheese by gel isoelectric focusing on phast system. *Italian Journal of Food Science* 3 pp. 185-190.
- [49] Singhal, R.S., Kulkarni, P.R., Rege, D.V. (1997): Handbook of indices of food quality and authenticity. Woodhead Publishing Limited. pp. 1-561.
- [50] El-Shabrawy, Hagrass, A.E.A. (1980): Some trace elements of buffalo's milk as determined by atomic absorption. *Egyptian Journal of Dairy Science*. 8. pp. 103-107.
- [51] Farag, R.S., Hewedi, M.M., Abo-Raya, S.H., Khalifa, H.H. (1984): Detection of cow milk admixture to buffalo milk. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 61. pp. 913-916.
- [52] Jairam, B.T., Nair, P.G. (1979): Electrophoretic behaviour of buffalo casein. *Indian Journal of Dairy Science* 32. pp. 461-464.
- [53] Jairam, B.T., Nair, P.G. (1983): Genetic variants of milk proteins in different breeds of cattle. *Indian Journal of Dairy Science* 53. pp. 1-8.
- [54] Moio, L., Langlois, D., Etievant, P., Addeo, F. (1993): Powerful odorants in bovine, ovine, caprine and water buffalo milk determined by means of gaschromatography-olfactometry. *Journal of Dairy Research* 60. pp. 215-222.
- [55] Moio, L., Dekimpe, J., Etievant, P., Addeo, F. (1993): Neutral volatile compounds in the raw milks from different species. *Journal of Dairy Research* 60. pp. 199-213.
- [56] Jenness, R. (1979): The composition of human milk. *Seminars in Perinatology* 3. (3) pp. 225-239.
- [57] Zagorska, J., Ciprova, I. (2013): Evaluation of factors affecting freezing point of milk. *International Journal of Nutrition and Food Sciences* 7 (2) pp. 106-113.
- [58] Miller R.A., Ellis R.W.B. (1953): Tests for the adulteration of human milk. *Archive of Disease in Childhood* 28 (139) 161-169.
- [59] Urbanke, W., Luf, W., Brandl, E. (1992): Einsatz der HPLC bei der Verfälschkontrolle von Milch und Milchprodukten verschiedener Species. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 195. pp. 137-142.
- [60] Rassin, D.K., Sturman, J.A., Gaull, G.E. (1978): Taurine and other free amino acids in milk of man and other mammals. *Early Human Development* 2 (1) pp. 1-13.
- [61] Sharma, R., Rajput, Y., Tomar, S.K. (2009): Estimation of sugars in milk by HPLC and its application in detection of adulteration of milk with soymilk. *International Journal of Dairy Technology* 62 (4) pp. 514-519.
- [62] Metwalli, N.H., Shalabi, S.I., Zahran, A.S. (1982): The use of soybean milk in soft cheese making: II. Organoleptic and chemical properties of Domiati cheese made from a mixture of soybean milk and whole milk. *International Journal of Food Science and Technology* 17. 1. pp. 71-77.

- [63] Espeja, E., Garcia, M.C., Marina, M.L. (2001): Fast detection of added soybean proteins in cow's, goat's, and ewe's milk by perfusion reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Separation Sciences*. 24. pp. 856-864.
- [64] Hewedy, M.M., Smith, C.J. (1989): Detection of soy milk in pasteurized bovine milk. *Food Hydrocolloids* 3. (5) pp. 399-405.
- [65] Chavez, N.A., Salinas, E., Jauregui, J., Palomares, L.A., Macias, K. (2008): Detection of bovine milk adulterated with cheese whey by western blot immunoassay. *Food and Agricultural Immunology* 19. pp. 265-272.
- [66] Douglas, F.W., Tobias, J., Groves, M.L., Farrell, H.M., Edmondson, L.F. (1982): Quantitative determination of total protein, casein and whey protein of processed dairy products. *Journal of Dairy Science* 65. pp. 339-345.
- [67] Miralles, B., Bartolomé, B., Ramos, M., Amigo, L. (2000) Comparison of the three methods to determine the whey protein to total ratio in milk. *Journal of Dairy Science* 83. 2759-2765.
- [68] Oancea, S. (2009): Identification of glycomacropptide as indicator of milk and dairy drinks adulteration with whey by immunochromatographic assay. *Romanian Biotechnological Letters* 14 (1) pp. 4146-4151.
- [69] Pearce, R.J. (1992): Whey processing. pp. 73-79. In: Zadow, J.G. (ed) *Whey and lactose processing*. Elsevier Science Publishers Ltd.
- [70] Mendenhall, I.V., Brown, R.J. (1991): Fourier transform infrared determination of whey powder in nonfat dry milk. *Journal of Dairy Science* 74 pp. 2896-2900.
- [71] Resmini, P., Pellegrino, L. (1991): Analysis of food heat damage by direct HPLC of furosine. *International Chromatography Laboratory* 6. pp. 7-11.
- [72] Resmini, P., Pellegrino, L., Batelli, G. (1990): Accurate quantification of furosine in milk and dairy products by a direct HPLC method. *Italian Journal of Food Science* 3. pp. 173-183.
- [73] Doerr, R.C., Gates, R.A., Fiddler, W. (1982): Chemiluminescence detection of nitrite in non-fat dried milk powders. *Journal - Association of Official Analytical Chemists* 65. pp. 616-618.
- [74] Vannini, P. (1984): Determination of manganese in milk: method for detection of milk adulteration with integrated mix feed for calves

based on milk powder reconstituted with water. *Latte* 9. 395.

- [75] Csapó J., Csapóné Kiss Zs., Albert Cs., Salamon Sz. (2007): Élelmiszerfehérjék minősítése. *Scientia Kiadó, Kolozsvár*. pp. 1-506.
- [76] Kimber, A.M. Brooker, B.E., Hobbs, D.G. Prentice, J.H. (1974): Electron microscope studies of the development of structure in Cheddar cheese. *Journal of Dairy Research* 41. pp. 389.
- [77] Navale, D., Gupta, S. (2015): Study of buffalo milk versus cow milk samples containing added glucose and ammonium sulphate. *International Journal of Information and Computing Science*. 11. 6. 27-30.
- [78] Alonso, L., Fontcha, J., Lozada, L., Juárez, M. (1999): Determination of mixtures in vegetable oils and milk fat by analysis of sterol fraction by gas chromatography. *Journal - Association of Official Analytical Chemists* 74. pp. 131-135.
- [79] Destailats, F., de Wispelaere, M., Joffre, F., Golay, P.A., Hug, B., Giuffrida, F., Fauconnot, L., Dionisi, F. (2006): Authenticity of milk fat by fast analysis of triacylglycerols. Application to the detection of partially hydrogenated vegetable oils. *Journal of Chromatography A*. 27 (1-2) 227-234.
- [80] Garcia, J.S., Sanvido, G.B., Saraiva, S.A., Zacca, J.J., Cosso, R.G., Eberlin, M.N. (2012): Bovine milk powder adulteration with vegetable oils or fats by MALDI-QTOF MS. *Food Chemistry* 131. pp. 722-726.
- [81] Parodi, P.W., Dunstan, R.J. (1971): The trans unsaturation content of Queensland milkfats. *Austral Journal of Technology*. 26. pp. 60-62.
- [82] Parodi, P.W. (1977): Conjugated octadecadienoic acids of milk fat. *Journal of Dairy Science* 60. pp. 1550-1553.
- [83] Kamm, W., Dionisi, F., Hischenhuber, C., Schmarr, H.G., Engel, K.H. (2002): Rapid detection of vegetable oils in milk fat by on-line LC-GC analysis of beta-sitosterol as marker. *European Journal of Lipid Science and Technology* 104. pp. 756-761.
- [84] Toppino, P.M., Contarini, G., Traversi, A.L., Amelotti, G., Gargano, A. (1982): Gas chromatographic parameters of genuine butter. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse* 59 (12) pp. 592-610.
- [85] Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (1998): Milk lipids. In *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Blackie Academic Professional/Chapman and Hall, New York. pp. 67-149.
- [86] Homberg, E., Bielefeld, B. (1979): Detection of vegetable fats in butterfat by gas chromatographic analysis of sterols. *Zeitschrift für*

Lebensmittel-Untersuchung und Forschung 169 (6) pp. 464-467.

- [87] Farag, R.S., Abo-Raya, S.H., Ahmed, F.A., Hewedi, F.M., Khalifa, H.H. (1983): Fractional crystallization and gas chromatographic analysis of fatty acids as a means of detecting butterfat adulteration. *Journal - Association of Official Analytical Chemists* 60 (9) pp. 1665-1669.
- [88] Keeney M., Bachman K.C., Tikriti H.H., King R.L. (1971): Rapid vitamin E method for detecting the adulteration of dairy products with non-coconut vegetable oils. *Journal of Dairy Science* 54 pp. 1702-1703.
- [89] Precht, D. (1992) Detection of foreign fat in milk fat. 1. Quantitative detection of triacyl-glycerol formulae. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung* 194. pp. 1-8.
- [90] Precht, D., Heine, K. (1986): Nachweis von modifiziertem Milchlief mit der Triglyceridanalyse. 2. Fremdfettnachweis im Milchlief mit Hilfe von Triglyceridkombinationen, *Standard No. 41406-410*.
- [91] Lipp, M. (1996): Comparison of PLS, PCR and MLR for the quantitative determination of foreign oils and fats in butter fats of several European countries by their triglyceride composition. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung* 202. pp. 193-198.
- [92] Colombini, M., Amelotti, G., Vanoni, M.C. (1978): Adulteration of butter with beef suet and lard: II. GLC of sterols and UV spectrophotometric analysis. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse* 55 (11) pp. 356-361.
- [93] Bottini, E., Campanello, F. (1955): Detection of hydrogenated dolphin oil in butter by means of paper chromatography. *Ann. Sper. Agr.* 9 (1) pp. 11-20.
- [94] Henningsson, M., Dejmeck, P. (2007): The electrical conductivity of milk -The effect of dilution and temperature. *International Journal of Food Properties* 8. pp. 15-22.
- [95] Antony, B., Sharma, S., Mehta, B.M., Ratnam, K., Aparnathi, K.D. (2016) Comparison of transmittance and reflectance mode of FT-MIR and FT-NIR spectroscopy in application to clarified milk fat (ghee). *Indian Journal of Dairy Science* 69. pp. 426-431.
- [96] Škrinjar D. (1984): Adulteration of raw milk by the addition of water (in Serbian). *Mljekarstvo* 34. (8) pp. 242-248.
- [97] Hanuš, O., Frelich, J., Tomaška, M., Vyeletova, K., Genčurova, V., Kučera, J., Trinacty, J. (2010): The analysis of relationships between chemical composition, physical, technological and health indicators and freezing point in

raw cow milk. *Czech Journal of Animal Science* 55. pp. 11-29.

- [98] Csapó J., Csapóné Kiss Zs. (2002): A tej és tejtermékek szerepe a táplálkozásban. *Mezőgazda Kiadó, Budapest*, pp. 1-464.
- [99] Marks, N.E., Grandison, A.S., Lewis, M.J. (2001): Challenge testing of the lactoperoxidase system in pasteurized milk. *Journal of Applied Microbiology* 91. pp. 735-741.
- [100] Birlouez-Aragon, I., Sabat, P., Gouti, N. (2002): A new method for discriminating milk heat treatment. *International Dairy Journal* 12 (1) pp. 59-67.
- [101] Csapó J., Salamon R. (2006): Tejipari technológia és minőségellenőrzés. *Scientia Kiadó, Kolozsvár*, pp. 1-164.
- [102] Godden, S.M., Royster, E., Timmerman, J., Rapnicki, P., Green, H. (2017): Evaluation of an automated milk leukocyte differential test and the California Mastitis Test for detecting intramammary infection in early- and late-lactation quarters and cows. *Journal of Dairy Science* 100. pp. 6527-6544.
- [103] Rossi, R.S., Amarante, A.F., Correia, L.B.N., Guerra, S.T., Nobrega, D.B., Latosinski, G.S., Rossi, B.F., Rall, V.L.M., Pantoja, J. (2018): Diagnostic accuracy of Somaticell, California mastitis test, and microbiological examination of composite milk to detect *Streptococcus agalactiae* intramammary infections. *Journal of Dairy Science* 101 (11) pp. 10220-10229.
- [104] M. Kartheek, M., Smith A.A., Muthu, A.K., Manavalan, R. (2011): Determination of adulterants in food: A review. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 3 (2) pp. 629-636.
- [105] 152/2009. (XI. 12.) FVM rendelet, 22. melléklet. A Magyar Élelmiszerkönyv 1-3-2001/114 számú előírása a részben vagy teljesen dehidratált, emberi fogyasztásra szánt, tartós tejtermékekről (sűrített tej és tejpor).
- [106] Hamvas Béla (1964): A rántottleves. *Patmosz I. Medio Kiadó, Budapest*, 2015, pp. 96-98.

VERDER

A Verder Hungary Kft. a Verder Scientific üzletág cégei készülékeit és szolgáltatásait kínálja felhasználóinak

CARBOLITE
GERO 30-3000°C



Carbolite Gero cég termikus mintaelőkészítői: szárítószekrények, kemencék, stb.
További részletes információ elérhető a magyar honlapon:

www.carbolite-gero.hu



Retsch

Retsch cég mechanikai mintaelőkészítői: aprítók, darálók, malmok, szitarázók, stb.
További részletes információ elérhető a magyar honlapon:

www.retsche.hu



Microtrac MRB cég szemcseméret/alak analizátorai:
További részletes információ elérhető a magyar honlapon:

www.microtrac.hu

Verder Hungary Kft.

1117 Budapest, Budafoki út 187-189.

info@verder.hu / +36-1-920-07-28

<https://www.verderliquids.com/hu/hu/laboreszkozok>



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

Sipos László¹, Nyitrai Ákos¹, Szabó Dániel¹, Dominek Márk², Urbin Ágnes², Nagy Balázs Vince²

Érkezett: 2019. augusztus – Elfogadva: 2019. december

Zöld és fekete tea (*Camellia sinensis* L.) főzeteire specifikált színelmáskolási rendszer érzékszervi validálása

KULCSSZAVAK: LED, máskolás, megvilágítás, elvárás-hiba, vizsgálati geometria, szintézis

1. ÖSSZEFOGLALÁS

Számos érzékszervi fókuszú kutatásban olvashatunk arról, hogy a vizsgált termék vizuális jellemzői preconcepciót (elvárás-hibát) okoznak a bírálóban, amely különböző mértékben torzítja a többi érzékszervi jellemző megítélését. Abban az esetben, ha a minősítés alapja nem a vizuális értékelés, akkor célszerű olyan vizsgálati körülményeket biztosítani, ahol kizárható, hogy a termékek színere nem befolyásolja a bírálók döntését [1]. Ebből következően szükség van a színere-érzékelés intenzitásának vagy az érzékelés minőségének csökkentésére, de leginkább elfedésére, elmaszkolására. A gyakorlatban elterjedt módszerek (szembekötés, színezett edényzet, színezett lencsék stb.) torzításokkal terheltek, éppen ezért a megfigyelés paramétereinek optimalizálásával, érzékszervi validálásával ezek kiküszöbölésére adhat megoldást az adott termék típusaira specifikált, spektrálisan állítható világítási rendszer. Az említett LED-mérőrendszer arduinóval (elektronikus eszközök kezelését megkönnyítő, nyílt forráskódú fejlesztőprogram – a szerk.) vezérelt, homogén fényeloszlású és spektrálisan hangolható.

Kutatásunkban zöld és fekete tea (*Camellia sinensis* L.) főzeteire specifikált színelmáskolási rendszer érzékszervi validálását mutatjuk be. A kísérletben résztvevőket a nemzetközi előírásoknak megfelelően teszteltük [2, 3]; tesztjeink eredményei alapján ők minden tekintetben normál látással rendelkeztek. Az eredmények azt mutatták, hogy a legkisebb észlelhető küszöbérték színelmáskolásával és a spektrális jellemzők meghatározásával a vizuális percepció különbségei bizonyos színerekülönbségű mintapárok között részben vagy egészen elfedhetők. Ennek köszönhetően a tökéletes máskoló megvilágítás alatt a percepcióból adódó elvárás-hibák nem torzítják a teaitalok többi érzékszervi jellemzőinek (melyek az illat, az íz, az állomány és a szájbevonó) hatás-megítélését. A részleges elmaszkolás a színkülönbségeket több esetben eltünteti, a bírálók döntési idejét 4-8-szorosára növeli, ugyanakkor a világoságból adódó különbségek észlelhetők maradnak.

2. Bevezetés és szakirodalmi áttekintés

A teanövényt taxonómiai, rendszertani szempontból először Carl von Linné írta le a *Species Plantarum* című munkájában, 1753-ban. A teanövény tudományos megnevezése *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze.

Rendszertani értelemben a tea faj (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) természetesen szempontjából legfontosabb változatai a *Camellia sinensis* var. *sinensis* (kínai tea, származás: Jünnan tartomány, Kína) és a *Camellia sinensis* var. *assamica* (J. W. Masters) Kitamura (asszám tea, származás: Brahmaputra völgye,

¹ Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Árukezelési és Érzékszervi Minősítési Tanszék

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

India). A kereskedelmi teákat jellemzően ennek a két fajnak a változataiból készítik. A teanövény másik két változata kevésbé jelentős: *Camellia sinensis* var. *dehungensis* és *Camellia sinensis* var. *pubilimba* [4]. A *Camellia sinensis* var. *assamica* subspecies *lasiocalyx* (Planchon ex Watt.) az asszám tea egyik alfaja: a kambodzsai vagy déli típus. Ezek a levélméretük alapján különíthetők el: legnagyobb az asszám tea levele, méretben ezt követi a kambodzsai tea levele, a kínai tea levelei pedig a legkisebbek [5]. A teanövények rendszertani besorolása kezdetben azok alaktani bélyegeire, elsősorban külsőleg látszó morfológiai tulajdonságaikra fókuszált (a növény mérete, levelének alakja, szőrözöttsége, virágszirmainak száma, a termés jellege stb.). Később következett a belső struktúrák alapján történő rendszerezés (sejt- és szövettani felépítés), majd napjainkban a genetikai, DNS-vizsgálatokkal történik a rokonsági kapcsolatok meghatározása.

A tea faj (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) évelő, fás-szárú, örökzöld növény. A szubtrópusok és trópusi hegyvidék növénye Délkelet-Ázsiából származik. Elsősorban a trópusi-szubtrópusi éghajlati övet kedveli, Kína, India, Srí Lanka, Japán, de több afrikai és dél-amerikai területen is termesztik. Levelei egyszerűek, jellemzően tojásdad alakúak, csúcsaik hegyesek, szórtan állók. A levelek bőrszerűek, fényesek, fiatalon szőrösek. A csúcsi részen elhelyezkedő levelek világoszöld, a lejjebb elhelyezkedők sötétebb zöld színűek. A levelek hornyos szélűek, 2-5 cm szélesek és 4-15 cm hosszúak. Erezetük a fonák oldalán jól látható, a levelek nyelei rövidek. A kínai tea változatának levelei kisebbek, vaskosabbak, durvább erezetűek, míg az asszami változat levelei vékonyabbak, finom erezetűek [6]. A teanövény virágai a levélnyélről fejlődnek ki, jellemzően egyszével vagy párosával. A virág szíromlevelei fehérek, rózsaszínes árnyalatúak, a porzók sárgák és két körben helyezkednek el. A külső körben levők részben összenőttek a szíromlevelekkel. A belső körben lévő porzók kisebbek, a bibe középen helyezkedik el. A virágzás jellemzően októbertől februárig tart, a gyümölcsstermelés augusztus és október között történik [7]. A teacserjék az ültetés után 5-6 évvel fordulnak termőre. A termések kezdetben kicsik és zöld színűek, a háromrekeszű toktermések 2-3 maggal rendelkeznek. A barna magok 10-16 mm átmérőjűek, gömbölydedek, kemények, lassan (többnyire 4-6 hét alatt) csíráznak ki. A magokból préseléssel teafa-olaj nyerhető ki [5].

A kínai változatot (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) Kínában és Japánban termesztik; jól ellenáll a hideg környezetnek. A jellemzően 2,7-4,5 méter magas teacserje akár 80-100 évig is hozza 4-6 cm hosszú leveleit. Az asszám változatot (*Camellia sinensis* var. *assamica*) a trópusi vidékeken termesztik; hajtásait 40-50 évig hozza. Felépítése robusztusabb, 14-18 méteres magasságával kisebb fa méretű, levelei is nagyobbak: 15-35 cm hosszúak. Az asszám változat déli alfaját (*Camellia sinensis* var. *assamica* subspe-

cies lasiocalyx) elsősorban a trópusi Kambodzsában termesztik, jellemzően 4-6 méter magasságú [8]. Egyes ültetvényeken akár 30-40 éves teacserjék is élhetnek. A legidősebb teafa Kínában található, 32 méter magas és a becslések alapján 1700 éves [9].

A teanövényt jellemzően az egyenlítőhöz közeli trópusi területeken termesztik, ahol 10-35 °C közötti a hőmérséklet, az évi csapadék 1200-2400 mm, valamint a tengerszint feletti magasság 300-2100 méter [10]. A beállt ültetvényt évente jellemzően 4-5 alkalommal szüretelik, a növény minden részét hasznosítják (rügy, levél, szár). A legértékesebb részek a rügyek, illetve a felső két friss levél. A gyakorlatban az intenzív termesztés-technológiájú ültetvényeken a szedések gyakorisága 15 nap, míg az extenzív termesztés-technológiájú ültetvényeken 45 nap. A gyakoribb szedések több munkát és energiát igényelnek, ám jobb minőséget, nagyobb hozamot eredményeznek. A ritkább szedések kevesebb szervezési feladattal járnak, de jobban kedveznek a kártevők és a kórokozók elterjedésének. A hozamokat az esetek többségében az időjárás (a csapadék mennyisége, egyenletessége, a napsugárzás, a talajmenti fagy) befolyásolja. A szüretelés kézzel vagy géppel végezhető. A magas minőségű teák szüretelése csak kézi munka alkalmazásával valósítható meg [9, 11].

A FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) – amely az agrártermeléssel és élelmiszerekkel kapcsolatos legfontosabb statisztikákat (FAOSTAT) gyűjti –, a tea esetében külön kormányközi csoportot hívott életre (*Intergovernmental Group on Tea*, IGGT), amelynek feladata a kormányközi konzultáció, valamint a tea termelésének, fogyasztásának, kereskedelmének, jelenlegi és jövőbeni piaci alakulásának az értékelése. A teával foglalkozó kormányközi csoport a jelentősebb teatermelő központokban szervezi két évente esedékes találkozóit; a legutóbbi (sorban a huszonharmadik) ülészatot 2018. május 17. és 20. között tartották Kínában, Hangzhou városában.

A tea a világon mindenhol a legnagyobb gyakorisággal fogyasztott italok közé tartozik, egyes becslések szerint a víz után a leggyakrabban fogyasztott folyadék a világon. A világ tea termelését négy fő kategóriába sorolják: fekete, zöld, instant, egyéb. A teatermelés az elmúlt évtizedben évente átlagosan 4,4%-kal nőtt, 2016-ban elérte az 5,73 millió tonnát. A világ két jelentős teatermesztő országa Kína (2,41 millió tonna) és India (1,25 millió tonna), amelyek a tea világtermelésének több mint a felét adják. A legnagyobb teatermelő országok sorrendben: Kína (2,41 millió tonna), India (1,25 millió tonna), Kenya (0,47 millió tonna), Srí Lanka (0,34 millió tonna), Törökország (0,24 millió tonna), Vietnám (0,24 millió tonna). A globális teatermelés növekedéséért elsősorban Kína felel: az elmúlt évtizedben az ország termelése több mint duplájára nőtt (2007: 1,17 millió tonna, 2016: 2,41 millió tonna). Ennek hátterében a belföldi fizetőképes kereslet növekedése, valamint olyan okok állnak, mint az egészség-

ségtudatosság és a gyógynövényes italok fejlődése. A legnagyobb termőterületek jellemzően azokban az országokban található, amelyek a legnagyobb termelők is: Kína, India, Srí Lanka, Kenya, Vietnám, Indonézia, Mianmar, Törökország [12].

A változatlanul fennálló stabil árak és a zöld tea egészségügyi előnyei miatt az elmúlt évtizedben a fekete tea termelése 3,0%-kal, míg a zöld teáé 5,4%-kal nőtt globálisan és éves szinten egyaránt. A legnagyobb fekete tea-előállító országok: India (1260 millió tonna), Kenya (439 850 tonna), Törökország (310 500 tonna), Kína (310 000 tonna), Srí Lanka/Ceylon (1 527 437 tonna). A legnagyobb zöld tea-előállító országok: Kína (1 527 437 ezer tonna), Vietnám (94 200 tonna), Japán (76 667 tonna), Indonézia (34 013 tonna). Napjaink teatermesztésének területei jól körülhatárolhatók, a tea termőterületeinek megoszlását a területi koncentrációk jellemzik (FAO, 2018). Az elmúlt évtizedben a tea világexportja évente 1,4%-kal nőtt, 2016-ban elérte a 1,75 millió tonnát. Két legnagyobb exportőre Kenya (2016: 475 300 tonna) és Srí Lanka (2016: 295 300 tonna). Amíg a kenyai export 18%-kal nőtt, addig a Srí Lanka-i export az időjárási viszonyok és a műtrágyák állami korlátozásának következtében 11%-kal csökkent. Indiában és Kínában az export mennyisége csak kis mértékben növekedett a belföldi kereslet növekedése miatt. A FAO fekete teára vonatkoztatott nemzetközi súlyozott átlagár-indexe 2016-ban 2,57 USD/kg volt, 2017-ben azonban 22,6%-kal 3,15 USD/kg-ra nőtt. Az árak a legnagyobb tea-aukciókon (Calcuttában, Cochinchinban, Colombóban és Mombasában) mind az ortodox-, mind a CTC-módon előállított teák esetében meredek emelkedésnek indultak. A nemzetközi tea-árakat természetesen számos tényező befolyásolja (termésmennyiség és -minőség: kártevők, betegségek, időjárási viszonyok; kiskereskedők, nagykereskedők, multinacionális vállalatok stb.). A keresleti oldalt is számos tényező alakíthatja: ár, jövedelem, demográfia, oktatás, foglalkozás, kulturális háttér, egészségtudatosság térhódítása, helyettesítő termékek stb. A kereslet jelentős növekedésnek indult az ázsiai, afrikai és latin-amerikai teagyártó országok esetében. Az Európai Unió országai hagyományosan importáló országok [12].

A dinamikus idősor-modelleken alapuló előrejelzések alapján a világ fekete tea termelése a várható évi 2,2%-os átlagos növekedési ütem mellett 2027-re eléri a 4,42 millió tonnát, ami jelentős növekedést eredményez Kínában, Kenyában és Srí Lankán. A zöld tea esetében 7,5%-os átlagos növekedés mellett a 2016-os évi 1,53 millió tonna 2027-re várhatóan 3,31 millió tonnára emelkedik. Ez a növekedési ütem feltehetően a megnövekedett termelékenységből (magasabb hozamú fajták, jobb mezőgazdasági gyakorlatok elterjedése stb.) adódik majd. 2027-re a fekete tea-fogyasztás éves szinten várhatóan 2,5%-kal 4,17 millió tonnára fog növekedni. Míg az afrikai országok esetében a fogyasztás magasabb mértékű növekedése (2-9%) várható, addig a nyugati orszá-

gokban csak kisebb mértékű fogyasztásnövekedést (0,2-1,4%) prognosztizálnak. A teafeldolgozó országokban a fogyasztás növekedéséhez hozzájáruló fő tényezők a következők: az egy főre jutó jövedelem növekedése; a teafogyasztás egészségügyi előnyének fokozott ismerete; a termékválaszték növekedési folyamata. A fekete tea exportja 2027-re várhatóan eléri az 1,66 millió tonnát, a legfontosabb exportáló országok kereskedelmi adatai változatlanok maradhatnak. A világ zöld tea exportja 2027-re várhatóan évi 5,0%-os emelkedéssel el fogja érni a 605 455 tonnát. Kína továbbra is uralhatja az exportpiacot (416 350 tonna), utána sorban Vietnám (148 493 tonna), Indonézia (12 889 tonna) és Japán (10 445 tonna) következnek. A legnagyobb dinamikával Japán (9,3%) és Vietnám (9%) zöld tea exportja nő, szemben Kína 4%-os növekedési ütemével. Mivel a teanövény (*Camellia sinensis*) nagyon érzékeny a termesztés körülményeinek változásaira, ezért a globális felmelegedés lokális hatásai nagyban befolyásolják a termelést. Ennek tükrében az előrejelzésekben megjelenő kereslet növekvő igényeit egyre nehezebb lesz kielégíteni. A tea fejlesztési stratégiáinak kidolgozásakor célszerű figyelmet szentelni az éghajlatváltozás következményeinek is [12].

A tea minőségének, piaci értékének meghatározására számos módszert dolgoztak ki, ugyanakkor élelmiszer-biztonsági, táplálkozás-biológiai és érzékszervi szempontból a nemzetközi szabványos módszerek az irányadók. A teák minősítéséhez célserű – részben műszeres, részben érzékszervi jellemzők alapján – akkreditált vizsgáló laboratóriumok segítségét kérni. Az érzékszervi minősítéshez gyakran hozzátartozik a tealevél, a belőle készült ital és a kiáztatott tealevelek minőségi megítélése, a három jellemző pedig együttesen adja a végtermék minőségi besorolását.

A teával kapcsolatos szabványokat a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (ISO) Élelmészeti Termékek Műszaki Bizottságának (TC 34) Tea Albizottsága (SC 8) készíti; nemzetközi rövidítéssel ISO/TC 34/SC 8. A Tea Albizottságot 1981-ben hozták létre, titkárságát a Brit Szabványügyi Intézet (*British Standards Institution* [BSI]), 389 Chiswick High Road, London, United Kingdom), valamint a Kínai Szabványosítási Hivatal (*Standardization Administration of China* [SAC], No. 9 Madian Donglu, Haidian District, Beijing 100088, China) közösen vezeti. A Tea Albizottság (SC 8) területe a teával (*Camellia sinensis*) kapcsolatos szabványosítás, amely magában foglalja többek között a különböző típusú teák szabványosításának területét, az összetétel és az érzékszervi minőség vizsgálati módszereit és a helyes gyártási és szállítási gyakorlatot. A szabványosítás a tea minőségének nemzetközi kereskedelemben történő tisztázására szolgál azért, hogy a tea minőségével szembeni fogyasztói elvárások érvényesülhessenek. A Tea Albizottság (SC 8) a különböző részterületeket különböző munkacsoportokra (*working group*, WG) osztotta: 4-es munkacsoport (WG 4 *White tea*), 6-os munkacsoport

(WG 6 *Tea classification*), 7-es munkacsoport (WG 7 *Oolong tea*), 10-es munkacsoport (WG 10 *Green tea - Vocabulary*) stb. A Tea Albizottság jelenleg 18 résztvevő státuszú taggal (nemzeti szabványosítási testülettel) és 24 megfigyelő státuszú taggal (nemzeti szabványosítási testülettel) rendelkezik. A Tea Albizottság napjainkig 30 ISO-szabványt tett közzé, két további szabvány pedig fejlesztés alatt áll (**1. táblázat**).

A tea minőségét érzékszervi szempontból a szín-, a frissesség- és az aromakomponens, illetve azok intenzitása határozza meg. Általánosságban megállapítható, hogy minél fiatalabb a teanövény valamely része, annál értékeesebb. Ennek megfelelően a növény egyes részei sorba rendezhetők. A sorrend a legértékesebb részekkel kezdve: zárt levélrügy, kinyílóban lévő levélrügy, legfelső zsenge levélpár, alsóbb levelek, még alsóbb levelek, szár. Összességében elmondható, hogy minél magasabb a levél sorszáma, annál alacsonyabb a tea minősége [9]. Osztályozási szempontból természetesen a levelek épsége is fontos. Ennek három fő kategóriája: 1. egész levelek; 2. tört levelek; 3. törmelék levelek és/vagy por. Az elkészítés módját az aprítottság foka befolyásolja. Minél kisebbek a részecskék, annál rövidebb ideig célszerű az áztatást/extrakciót végezni,

mert a viszonylagosan nagyobb felületen keresztül gyorsabban kioldódnak az illat- és aromakomponensek [13]. A teaitalokat jellemzően levélrügy, levelek és hajtások felhasználásával készítik, bizonyos teatípusokat azonban csak növényi szárrészekből állítanak elő. A betakarítás során elválasztott szárrészek japán zöld teája a *kukicha* (*boucha*: szár tea, *shiraore*: fehér nyáj). A *kukicha* aromaprofilját így nem a zöld teákra jellemző édeskés ízvilág, a virágos, fanyar jegyek jellemzik, hanem a szárrészekből kioldódó aromaanyagok mogyorós és krémes állaga [14].

A teanövény korábban is számos nemzetközi és hazai kutatás középpontjában állt, ám a kutatások elsősorban a bioaktív komponensekre és azok egészségre gyakorolt hatására, esetleg a teák élelmiszer-biztonsági kockázataira irányultak. Az élelmiszerként fogyasztott tea élvezeti értéke miatt kulcsfontosságú a szárított tealevél és a teaital érzékszervi minőségének jellemzése. A teaitalokban található komponenseket és a rajtuk keresztül az érzékszervi paramétereket befolyásoló tényezők a következők: alapanyag (faj/változat/fajta, termőhely, termesztés-technológia, teacserje kora); betakarítás (módszer, idő, betakarított részek növényen való elhelyezkedése); feldolgozás (idő, aprítottság, oxidációs állapot);

1. táblázat. A Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (ISO) Élelmiszeri Termékek Műszaki Bizottsága (TC 34) Tea Albizottságának (SC 8) közvetlen felelőssége alá tartozó szabványok

Table 1. Standards under the direct responsibility of the Subcommittee on Tea (SC 8) of the Technical Committee for Food Products (TC 34) of the International Organization for Standardization (ISO)

Szabványok (ISO/TC 34 SC 8) / Szabványok (ISO/TC 34 SC 8)	Stage code*	ICS**
ISO 1572:1980 Tea -- Preparation of ground sample of known dry matter content	90.93	67.140.10
ISO 1573:1980 Tea -- Determination of loss in mass at 103 degrees C	90.93	67.140.10
ISO 1575:1987 Tea -- Determination of total ash	90.93	67.140.10
ISO 1576:1988 Tea -- Determination of water-soluble ash and water-insoluble ash	90.93	67.140.10
ISO 1577:1987 Tea -- Determination of acid-insoluble ash	90.93	67.140.10
ISO 1578:1975 Tea -- Determination of alkalinity of water-soluble ash	90.93	67.140.10
ISO 1839:1980 Tea -- Sampling	90.93	67.140.10
ISO 3103:1980 Tea -- Preparation of liquor for use in sensory tests	90.92	67.140.10 67.240
ISO 3720:2011 Black tea -- Definition and basic requirements	90.93	67.140.10
ISO 6078:1982 Black tea -- Vocabulary	90.93	67.140.10
ISO 6079:1990 Instant tea in solid form -- Specification	90.93	67.140.10
ISO 6770:1982 Instant tea -- Determination of free-flow and compacted bulk densities	90.93	67.140.10

ISO 7513:1990 Instant tea in solid form -- Determination of moisture content (loss in mass at 103 degrees C)	90.93	67.140.10
ISO 7513:1990/Amd 1:2012	60.60	67.140.10
ISO 7514:1990 Instant tea in solid form -- Determination of total ash	90.93	67.140.10
ISO 7516:1984 Instant tea in solid form -- Sampling	90.93	67.140.10
ISO 9768:1994 Tea -- Determination of water extract	90.93	67.140.10
ISO 9768:1994/Cor 1:1998	60.60	67.140.10
ISO 9884-1:1994 Tea sacks -- Specification -- Part 1: Reference sack for palletized and containerized transport of tea	90.93	67.140.10 55.080
ISO 9884-2:1999 Tea sacks -- Specification -- Part 2: Performance specification for sacks for palletized and containerized transport of tea	90.93	67.140.10 55.080
ISO 10727:2002 Tea and instant tea in solid form -- Determination of caffeine content -- Method using high-performance liquid chromatography	90.93	67.140.10
ISO 11286:2004 Tea -- Classification of grades by particle size analysis	90.93	67.140.10
ISO 11287:2011 Green tea -- Definition and basic requirements	90.93	67.140.10
ISO/TR 12591:2013 White tea -- Definition	90.92	67.140.10
ISO 14502-1:2005 Determination of substances characteristic of green and black tea -- Part 1: Content of total polyphenols in tea -- Colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent	90.93	67.140.10
ISO 14502-1:2005/Cor 1:2006	60.60	67.140.10
ISO 14502-2:2005 Determination of substances characteristic of green and black tea -- Part 2: Content of catechins in green tea -- Method using high-performance liquid chromatography	90.93	67.140.10
ISO 14502-2:2005/Cor 1:2006	60.60	67.140.10
ISO 15598:1999 Tea -- Determination of crude fibre content	90.93	67.140.10
ISO 19563:2017 Determination of theanine in tea and instant tea in solid form for using high-performance liquid chromatography	60.60	67.140.10

* Szakasz kód (stage code), például a 60.60 International Standard published (megtörtént a nemzetközi szabvány kibocsátása), vagy a 90.93 International Standard confirmed (nemzetközi szabvány megerősítése).

** A szabványok nemzetközi osztályozási rendszere (International Classification for Standards, ICS), háromszintű és hierarchikus felépítésű. Az 1. szint a szabványosítási tevékenység szakterületét jelenti (két számjegyű szakjelzet). A 2. szint a szakterületek csoportját jelenti (három számjegyű csoportszám). A 3. szint a csoportok alcsoportját jelöli (két számjegyű alcsoportszám). Ezeket pont választja el egymástól. A rendszert az ISO (a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet) dolgozta ki abból a célból, hogy megkönnyítse a kommunikációt és az információcserét a szabványosítás területén. Például a 67. szakterület az Élelmiszer Technológia (Food Technology), a 67.140 szakterület csoportja a Tea, Kávé, Kakaó (Tea, Coffee, Cocoa), míg a 67.140.10 a Tea alcsoport (Tea). A 67.240 szakterület csoportja az Érzékszervi Minősítés (Sensory Analysis).

* Stage code, for example 60.60 International Standard published or 90.93 International Standard confirmed.

** International Classification for Standards (ICS), three-leveled with a hierarchical structure. Level 1 means the standardization activity field (two digits). Level 2 refers to the groups of specialties (three digit group number). Level 3 represents a subgroup of groups (two-digit subgroup number). These are separated by points. The system was developed by the International Organization for Standardization (ISO) to facilitate communication and the exchange of information in the field of standardization. For example, field 67 is Food Technology, specialty group 67.140 is Tea, Coffee, Cocoa, while 67.140.10 is subgroup Tea. The 67.240 specialty group is Sensory Analysis.

tárolás körülményei (hőmérséklet, páratartalom, idő, fényzárás); ital elkészítéséhez felhasznált víz (kémiai jellemzők, hőmérséklet); ital elkészítésének eljárásai (extrakciós idő, oldat koncentrációja) [14, 15].

A tealevelek biológiai potenciálját a teanővény genetikai adottságai (tea faj/alfaj/változat/fajta) határozzák meg. A környezeti feltételek azonban befolyásolhatják, hogy a genetikai lehetőségekből milyen minőségű teacserje növekszik. A teaitalra az élelmiszerekhez hasonlóan jellemző, hogy jó minőségű teaitalt csak jó minőségű alapanyagokból lehet előállítani. A teaital két legfontosabb alapanyaga a teafű és a víz. A teafű érzékszervi tulajdonságait befolyásoló tényezők a következők: földrajzi elhelyezkedés; időjárási viszonyok (hőmérséklet, csapadék, napfény mennyisége, eloszlása); talaj/termesztőközeg; tengerszint feletti magasság; tea faj/alfaj/változat/fajta; termesztés módja (üvegház, fóliaház, szabadföld, árnyékolás hossza, párástítás, légcseré stb.); mezőgazdasági gyakorlat; betakarítás módja és ideje; teacserje kora; begyűjtött tealevél elhelyezkedése a növényen; tealevelek morfológiája és bioaktivitása; feldolgozás módja (fermentálás módja és foka: fehér, zöld, sárga, fekete, oolong, sötét); tárolási körülmények (hőmérséklet, páratartalom, idő, fényzárás) [16, 17]. A teaital elkészítéséhez felhasznált víz legfontosabb tulajdonságai a következők: víz típusa (keménység, pH, ásványianyag-tartalom stb.); víz hőmérséklete (áztatás kezdeti hőmérséklete, hőmérsékletének csökkenési üteme); áztatási/kivonási/extrakciós idő; koncentráció (felhasznált teafű/víz mennyisége); teaital-/főzet-elkészítési eljárások. A kis keménységű ($\leq 8 \text{ nk}^\circ$), lágy vízzel készült ital esetében a tealevelekből származó aromakomponensek legtöbbször jól kioldódnak, így a tea jellegzetességei, karaktere megfelelően hangsúlyozható. A víz/áztatás kezdeti hőmérsékletét jellemzően 60-80 °C között célszerű megválasztani. A tea csersavjai a 100 °C-os forró víz hatására azonnal kioldódnak, az italban a keserű ízanyagok dominanciája érezhetővé válik. A nagyon magas hőmérséklet hatására a tea fitonutriens anyagai (vitaminok, tápanyagok, antioxidánsok stb.) is károsodnak. A forrázóvíz optimális hőmérséklete éppen ezért 80 °C körüli érték. Az áztatási idő növelésével (30 mp - 150 mp) beállíthatók az íz és az aromakomponensek arányai is. A víz hőmérsékletének csökkenési ütemét a külső hőmérséklet, vagyis az itallal közvetlenül érintkező levegő és az edényzet hőmérséklete határozza meg. Minél nagyobb az edényzet felülete, annál fontosabb, hogy az edényzet ugyanolyan hőmérsékletű legyen, mint a víz kezdeti hőmérséklete. Ezt az esetek többségében előmelegítéssel és hőmegtartással valósítják meg.

Lee és Chambers kutatásaikban [18] a zöld tea ízét befolyásoló főzési módszereket vizsgálták. Tanulmányuk célja az volt, hogy leírja a zöld teából készült ital ízének változását abban az esetben, ha azt különböző vízhőmérséklettel és főzési idővel állítják elő. A zöld tea-mintákat három különböző hőmérsékleti szinten főzték (50, 70 és 90 °C-on), ahol az

extrakciós időt szisztematikusan változtatták 1, 2, 5 és 20 perc között. Összesen tizenkét főzési hőmérséklet- és időkombinációt vizsgáltak, három különböző, Koreából származó zöld tea segítségével. A képzett bírálók leíró jellegű érzékszervi elemzésben vettek részt egy korábban kifejlesztett zöld tea-lexikon segítségével. A kísérlet során a teákat tizenkét különböző főzési hőmérsékleten és -időkombinációban vizsgálva a kutatók kimutatták, hogy a főzési idő és a vízhőmérséklet növekedésével párhuzamosan a barna és a barna jellegű tulajdonságok (hamus, kormos, égetett/perzselt), valamint a keserűség és a fanyarság erősödik, a zöld és a zöld jellegű tulajdonságok (zöldbab, spenót) viszont gyengülnek. A zöld tea ízét a benne található anyagok alakítják ki, ugyanakkor a vízdoldható komponensek mennyiségét jelentősen befolyásolhatja a kivonási (extrakciós) hőmérséklet és kivonási (extrakciós) idő. A zöld tea ízéhez elsősorban olyan összetevők járulnak hozzá, mint a katechinek, amelyek a keserűség és a fanyarság 70-75%-áért felelősek [19, 20].

A teában található koffein keserű [21], míg a tanninok erősen összehúzó vagy csípős ízt eredményeznek [22]. A lédús ízért az aminosavak felelnek, a szabad cukrok pedig hozzájárulnak az édes ízjelleghez [23]. A víz hőmérsékletének és a főzés idejének növelésével a zöld teában a tannin, a szabad cukor és az összes nitrogén mennyisége egyaránt megnövekszik [24]. A víz hőmérsékletének növekedésével a zöld tea koffeintartalma, azzal együtt pedig a keserűsége is nő [25]. Hangsúlyoznunk kell azonban, hogy a víz hőmérséklete és a kioldási idő a zöld tea táplálkozásbiológiai jellemzőit is erőteljesen befolyásolja. A teában található antioxidáns-hatásért felelős katechinek mennyisége függ a főzés módjától. Táplálkozásbiológiai szempontból zöld teák esetében éppen ezért a forró vízben történő 3-5 percig tartó főzés javasolható, amelynek eredményeképpen keserű és fanyar zöld teát kaphatunk [16, 26].

Egyes kutatók korábban arra törekedtek, hogy zöld tea-filterek és zöld tea-levelek segítségével meghatározzák az optimális főzési feltételeket. A teafilter használatával megállapították, hogy a zöld teában lévő oldható szilárd anyagok (fenolok és flavonoidok) száma a víz hőmérsékletének és a főzés idejének emelkedésével megnövekedett. A fizikai-kémiai és elfogadhatósági adatok alapján arra a következtetésre jutottak, hogy az optimális főzési módszer a 73-83 °C-os vízzel és az 5,3-6,3 perc idejű főzéssel valósítható meg [27, 28]. A különböző vízhőmérséklettel és főzési idő-hosszúsággal rendelkező módszerek különböző ízeket eredményeznek a zöld tea főzetek esetében. Amennyiben a fogyasztók 50-70 °C-os vízben 1-5 percig főzik az adott zöld teát, akkor inkább zöld, kevésbé barna jellegű ízük fog dominálni, keserűségük pedig alacsony vagy mérsékelt lesz. A zöld tea 5 percnél hosszabb ideig történő elkészítése és/vagy 95 °C-os víz használata erősebb, barna színű aromát és kesernyés, fanyar ízt eredményezhet. Bizonyos zöld teák esetében 95 °C-on vagy

5 percnél hosszabb főzés esetén penészes („új bőr”) ízt kapunk, 95 °C-on 20 percig forralva pedig kellemetlen, gyógyszeres mellékíz jelentkezik. Ezekből a tapasztalatokból következik, hogy a fogyasztók számára javasolható a zöld tea 70 °C-on 1 vagy 2 perc áztatással történő előállítás, illetőleg az 50 °C-os hőmérsékleten 2 vagy 5 percen keresztül történő főzése. Az eredmények alapján megfigyelhető, hogy a víz hőmérsékletének növelésével nő a keserűség és a fanyarság is, magas hőmérsékleten megjelennek a barna ízjegyek, hosszú áztatási idővel kombinálva pedig a dohos jegyek is. A zöld tea készítése során általában 50-70 °C-os vizet használva 1-5 perc főzési idővel célszerű számolni, amely attól függően alakítható, hogy a tea mely íztulajdonságait akarjuk kiemelni [18].

A különböző érzékszervi vizsgálatok során a teafű és a teaitalok érzékszervi tulajdonságait bíráló csoportok értékelik, minősítik, jellemzően érzékszerveik segítségével. A percepció, érzékelés folyamata során először az egyes érzékszervek (szem, fül, orr, nyelv, bőr) ingerspecifikus receptorai regisztrálják a termékekből, mintákból érkező ingereket. Ezután az ingerek aktiválják a receptorokat, így az információ immáron ingerület formájában halad tovább az idegrendszer központi részei: a gerincvelő és az agy irányába. Az érzékelés valójában az érzékszervi inger(ek) hatásának észlelése [29]. A fényttechnikai terminológia szerint a szín jól példázza az inger-ingerület-érzékelés hármasát azért, mert fizikai értelemben egy meghatározott hullámhosszúságú, emberi szem által érzékelhető fényinger (380-780 nm); fiziológiai szempontból a színes látás érzékszervében, a szemben egy vagy több fénysugár által kiváltott ingerület; míg pszichológiai szempontból a látószerv idegpályáin továbbított ingerületek által az agykérgi látóközpontban létrejött színérzet [30].

Az érzékszervi eredmények megbízhatóságát három kulcstényező határozza meg: a bírálók megfelelősége, a kísérletterv és az érzékszervi módszer megvalósítása. A bírálók megfelelőségét kiválasztásuk és képzésük biztosítja, teljesítményük nyomon követésével pedig azonosíthatóvá válik nemmegfelelőségük, meghatározható egyéni fejlesztési területeik [2, 31]. Az érzékszervi vizsgálatok során kulcsfontosságú a bírálók érzékszerveinek megfelelősége. Emiatt a vizsgálati személyek színtévesztésének a szűrése is fontos szempont, mert színtévesztők esetében mind a színárnyalat megkülönböztető-képesség (színdiszkrimináció), mind a színfelismerési képesség (színidentifikáció) jóval gyengébb, mint az éplátóknál. Az érzékszervi vizsgálatok a színtévesztés mérésére általában a pseudo-izokromatikus tesztek alkalmazását (Ishihara, Stilling, Velhagen), ugyanakkor pontosabbak a műszeres anomaloszkópos vizsgálatok, amelyek pontos és számszerű mérési eredményt adnak a színtévesztés fokáról és típusáról [3]. A kísérletterv, valamint a megfelelő érzékszervi módszer kiválasztása minden esetben a

kutatási kérdésből indul ki, az adott lehetőségek figyelembevételével.

Számos érzékszervi kutatás beszámol arról, hogy a vizsgált termék vizuális jellemzői preconcepciót (elvárás hibát) okoznak a bírálóban, mert különböző mértékben torzítják a többi érzékszervi jellemző megítélését. A sötétebb vörösbort már a tesztelés megkezdése előtt testesebbnek, a feketébb csokoládét keserűbbnek, a sötétebb árnyalatú sört aromásabbnak, a sárgásabb fagyaltot krémesebb állagúnak feltételezik a bírálók; fent említett jellemzők jelentős mértékben befolyásolhatják az íz, az illat és az állomány objektív megítélését [32]. Abban az esetben, ha a minősítés alapja nem a vizuális értékelés, akkor célszerű olyan vizsgálati körülményeket biztosítani, ahol kizárható, hogy a termékek színíngere ne befolyásolja a bírálók döntését. Ebből kifolyólag a színínger-érzékelés intenzitásának vagy az érzékelés minőségének csökkentését, de leginkább elfedését, elmaszkolását biztosítani kell.

Ennek egyik megoldása lehet az, hogy a bírálók be-kötött szemmel tesztelnek, és minden egyes bírálót segédszemélyzet segít a tesztelésben. Korábbi kísérletünkben ezzel szemben azt tapasztaltuk, hogy látó emberek szemük bekötésének a hatására következetlen ítéleteket hoztak [33]. Ezt a módszert azonban nem csak emiatt, hanem túlzott humán erőforrás-igénye miatt is ritkán alkalmazzák. Megoldás lehet a problémára színszűrős lencsékkel ellátott szemüvegekkel elfedni a termékek között érzékelhető színínger-különbségeket, ennek a módszernek a gyengesége azonban az emberi kíváncsiság: a bírálók ritkán tudják megállni, hogy ne pillantsanak ki a szemüveg alól, vagy ne vegyék le azt, így ez a módszer sem bizonyul megfelelő eszköznek a szín-különbségek elfedésére [34]. (Ez a módszer emiatt, valamint technikai, előállítási nehézségei miatt sem terjedt el a gyakorlatban.). A harmadik lehetséges megoldás az, hogy a mintákat italok teszteléséhez használatos, az illatanyagok koncentrálására alkalmas szűkülő szájú, tulipán alakú sötét, átlátszatlan, jellemzően színezett üvegpoharakban mutatják be. Az olívaolajok teszteléséhez például kobalt színű (kékes), bizonyos esetekben piros poharakat alkalmaznak. A mintákat a kóstoló pohárhoz készült átlátszó üvegtetővel fedik le, hogy a gőztérben az aromák feldúsulhassanak. A nemzetközi szabvány külön kiemeli, hogy a tesztelő pohár nem az olívaolajok színének vagy állományának az elemzésére szolgál [35]. A megoldás legnagyobb hibája, hogy a bírálók szinte kivétel nélkül belenéznek a pohárba, észlelik a termék eredeti vizuális jellemzőit, és ez torzított értékeléshez vezet. Fenti okok miatt ez a módszer is csak egy-egy speciális élelmiszer szigorú felügyelet mellett történő vizsgálatára alkalmazható, általánosításra semmiképpen sem. Számos termék kategória (frissensültek, pékáruk, csokoládék stb.) esetében ugyanis lehetetlen és életidegen a színezett üvegen keresztül való értékelés.

Egyes kutatókban felmerült a minták nedves színanyagokkal történő összekeverése. Ennek alkalmazása azonban korlátozott, hiszen összetett élelmiszeranyagok esetén a hozzáadott színanyagok más-más érzékszervi tulajdonságokat befolyásolhatnak, értelmetlenné téve ezáltal magát az érzékszervi vizsgálatot. Ugyanakkor az érzékszervi laboratóriumok jellemzően késztermékeket tesztelnek, amelyekbe nem is keverhetnek semmilyen élelmiszer színezéket [34]. Az érzékszervi vizsgálatok módszertanát és általános irányelveit bemutató nemzetközi szabvány szerint a színelkülönbségek hatása a színelkülönbséget minimálisra csökkentő megvilágítással részben elfedhető [1]. A megvilágítás elrejtheti a színelkülönbségeket és más megjelenési tényezőket azért, hogy a bírálók csupán az egyéb érzékszervi jellemzőkre vagy az adott vizsgálati anyag jellemzőinek vizuális jelek nélkül történő befogadására koncentrálhassanak [36]. A leggyakrabban a vörös fény maszkoló hatását emelik ki, amellyel hatékonyan elfedhetők például a főtt húsok árnyalatának különbségei, a sült termékek héja és egyes gyümölcsök vagy zöldségek színe is [37]. A javasolt fénycsövek spektrális jellemzői sajnálatos módon nem teszik lehetővé a különböző színű és világosságú élelmiszerminták színterjedelmében található különbségek elfedését. A gyakorlatban alkalmazott színes fénycsövek színe (spektrális összetétele) és fényerőssége, színhőmérséklete nem változtatható.

A szakirodalmi eredmények alapján megállapítható, hogy az érzékszervi vizsgálatok esetében egyelőre nem beszélhetünk a vizuális különbségek hatékony elfedésére alkalmazható megfelelő módszerről.

2. táblázat. A vizsgálatba vont zöld tea-minták
Table 2. Green tea samples included in the study

Sorszám No.	Tea neve Tea name	Ország Country	Tartomány Province
1	Fukamushi Sencha	Japán / Japan	Uji
2	Gyokuro Jikagise	Japán / Japan	Uji
3	Gyokuroh Gokoh	Japán / Japan	Uji
4	Gyokuro Karigane	Japán / Japan	Uji
5	Sencha Shiruki	Japán / Japan	Uji
6	Matcha Jikagise	Japán / Japan	Uji
7	Mengding Ganlu	Kína / China	Sichuan
8	Xihu Longjing	Kína / China	Zhejiang
9	Formosa Bi Luo Chun	Taiwan	Ismeretlen / Unknown
10	GABA Green	Taiwan	Ismeretlen / Unknown
11	Tien Shan Maojian	Kína / China	Jianshu
12	Lu Shan Yun Wu	Kína / China	Jianshu
13	Yunnan Bi Luo Chun	Kína / China	Yunnan
14	Green Jade	Kína / China	Fujian
15	Qing Zhen (Zöld tűk / Green needles)	Kína / China	Yunnan

Az eddigiekben felsorolt problémák kiküszöbölésére a megfigyelés paramétereinek optimalizálásával (szemrevételezési geometria, fényforrás fotometrikus és spektrális jellege, szem adaptációs állapota) és érzékszervi validálásával az adott terméktípusra specifikált, spektrálisan állítható világítási rendszer adhat teljeskörű megoldást.

A kutatás célkitűzései:

1. Érzékszervi bírálók színlátásának tesztelése: színlátás helyesség, színárnyalat-vizsgálat, kontrasztérzékenység, színdiszkriminációs képesség vizsgálata;
2. Zöld és fekete tea (*Camellia sinensis* L.) főzeteinek spektrális tulajdonságainak meghatározása;
3. Maszkolás hatásának tesztelése; bírálók színdiszkriminációs képességének (legkisebb észlelhető küszöbérték) meghatározása a termékcsoporthoz kapcsolódó referencia színpontokhoz képest, a maszkoló világítás mellett, illetve anélkül.

3. Anyag és módszer

A vizsgálatba bevont mintáknál az volt a célunk, hogy az egyes teatermesztő országok és teatermelő területek a jelentőségük súlyának megfelelően legyenek reprezentálva (2. táblázat, 3. táblázat).

A teaminták transzmissziós értékeit spektrofotometriás mérésekkel határoztuk meg (UV-1600/VIS, AOE Instruments). A transzmissziós méréseket a látható tartományban 360-760 nm-ig tartó hullámhosszokon

végeztük, 5 nm-es felbontással. A tea főzeteit a nemzetközi szabványnak megfelelő módon készítettük el [38]. A tea főzeteit elkészítése után a teamintákat 5 ml-es küvetákba pipettáztuk, majd küvettafedővel lefedtük. A spektrofotometriás mérésekhez minden mintából öt párhuzamos mintát készítettünk, amelyeket az érzékszervi tesztekhez is felhasználtunk.

A bírálók színlátásának tesztelésekor a releváns nemzetközi szabványok előírásai voltak irányadók [2, 3]. Ezeknek megfelelően hígítási soros színtesztet, pszeudo-izokromatikus színfelismerés tesztet (Ishihara), színárnyalat megkülönböztető-képesség tesztet, műszeres színlátás vizsgálatot (OCULUS 47700 Heidelberg MultiColor anomaloszkóp), valamint kontrasztérzékenység és általános színdiszkriminációs-képesség tesztet (Cambridge Research System, Visage-rendszer) végeztünk.

A spektrálisan hangolható mérőállomás a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszékén épült meg. A mérőállomás öt különböző csúcs-hullámhosszú LED-fényforrást – vöröset (640 nm), zöldet (530 nm), kéket (460 nm), borostyánt (590 nm), semleges fehéret – tartalmaz. Minden egyes

LED-csatorna intenzitás-értéke 0-255 között állítható, így lényegében tetszőleges számú megvilágítás tesztelhető. Az 1,5 x 1 x 1 méter befoglaló méretekkel rendelkező installációban négy rögzített panelre szerelve ötféle teljesítménytípusú LED található. A doboz 1 cm anyagvastagságú diffúz, nagy reflexiót biztosító fa bútorlemezről készült. A panelek forgathatók, két ajtó segítségével hozzáférhető. A dobozban megtalálható további két terelő elem is, ezek a fényforrásokat takarják el a betekintésnél, valamint javítják az alsó lap homogenitását. A rendszer sematikus felépítését az alábbi, 1. ábra mutatja.

A fényforrások a mérőállomás egy-egy sarkában helyezkednek el, az emittált fény többszörös reflexió után, a fehér falakról kerül a munkatérbe. A homogenitás miatt a panelek a falakkal 45°-ot zárnak be. Szemből nézve az installáció elülső felületén egy nagy nyílás található, ez biztosítja hozzáférést a szerkezet belsejében lévő munkatérhez. A tágas munkatérben a panelek pozicionálása okán a fény-sűrűség eloszlása mind a vízszintes alsó felületen, mind a hátsó falon egyenletes. Ebbe kényelmesen behelyezhetők a teaminták, a megfelelő megvilágítás mellett pedig azok színei is vizsgálhatók. A vezérlés két darab Arduino Uno mikrokontroller segít-

3. táblázat. A vizsgálatba vont fekete tea-minták
Table 3. Black tea samples included in the study

Sorszám No.	Tea neve Tea name	Ország Country	Tartomány Province
1	GABA Black	Taiwan	-
2	Jin Xuan Black	Taiwan	-
3	Alishan Black	Taiwan	-
4	Assam Black	Taiwan	-
5	Fuliangi vörös / Fuliang red	Kína / China	Fujian
6	Yixingi vörös / Yixing red	Kína / China	Jianshu
7	Bai Lin Gongfu	Kína / China	Fujian
8	Lapsang Souchong (édes / sweet)	Kína / China	Fujian
9	DaYaYin	Kína / China	Yunnan
10	Simao Aranyfonál / Simao Golden thread	Kína / China	Yunnan
11	Yongde Öregfás Vörös / Yongde Old wood red	Kína / China	Yunnan
12	Golden Monkey	Kína / China	Fujian
13	Darjeeling MONIPUR Assam	India	Monipur Assam
14	Darjeeling TINDERET	Kenya	Tinderet
15	HIMALAYA Darjeeling	India	Himalaya
16	NUWARA Eliya	Sri Lanka	Nuwara Eliya
17	UVA Highlands UVA Pekoe	Sri Lanka	UVA Highlands
18	Darjeeling Naaibaizi	India	Naaibaizi
19	Sri Lanka Pettyagalla	Sri Lanka	Pettyagalla
20	Assam Golden leaf (blend)	India	Assam

ségével történik. A programban a LED-eket 0-255-ig terjedő skálán lehet beállítani, amit a mikrokontroller impulzusszélesség-modulációval valósít meg, azaz a LED-ek fényerejének állítása a kitöltési tényező változtatásával történik. A megvalósított LED-mérőrendszer arduinóval vezérelt, homogén fényeloszlású, spektrálisan hangolható [40]. Élelmiszerek színének észlelésével kapcsolatban több kutatócsoport közleménye is felhívja a figyelmet a multispektrális megközelítés szükségességére [41], valamint a hiperspektrális képalkotó módszerek relevanciájára [42, 43, 44].

A bírálókat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és a Szent István Egyetem látó hallgatói közül választottuk ki. Az érzékszervi vizsgálatokhoz háromszög-tesztet alkalmaztunk, amely az egyik legérzékenyebb különbségvizsgálati módszer; kis különbségek kimutatására is alkalmas, és a bíráló érzékszerveinek mérsékelt igénybevételét feltételezi. A háromszög-próba logikája az „itt a piros hol a piros”-elvet követi két minta (A és B) különbözőségének vagy hasonlóságának a megállapítására, ahol a bíráló minden esetben három mintát kapnak. A feladat az eltérő minták azonosítása.

A vizsgálat során bizonyos teaitalokat hasonlítottunk össze. A bírálóok egymástól időben elkülönítve, különböző megvilágítások alatt tesztelték a kuvettákban lévő teamintákat úgy, hogy az egyes kuvetták 6 cm-re helyezkedtek el egymástól. Az eredményeket Microsoft Excel programba rögzítettük, majd a vonatkozó szabvány szerint kiértékeljük. Az értéke-

léshez a binomiális tételt és a szekvenciális eljárást alkalmaztuk [38, 39]. Első lépésben a teamintákat az érzékszervi vizsgálatok módszertanait és általános irányelveit bemutató nemzetközi szabvány által javasolt mesterséges napfénynek megfelelő szín- és hőmérsékletű (D65) megvilágítás mellett teszteltük [1]. Második lépésben a különböző maszkoló megvilágításokat állítottuk össze és azok hatékonyságát ellenőriztük. Az érzékszervi vizsgálatok során természetesen csak azokat a mintapárokat vizsgáltuk maszkoló fény alatt, amelyek a szabványos („mesterséges napfény”) fényforrás (D65) alatt különbözőséget mutattak.

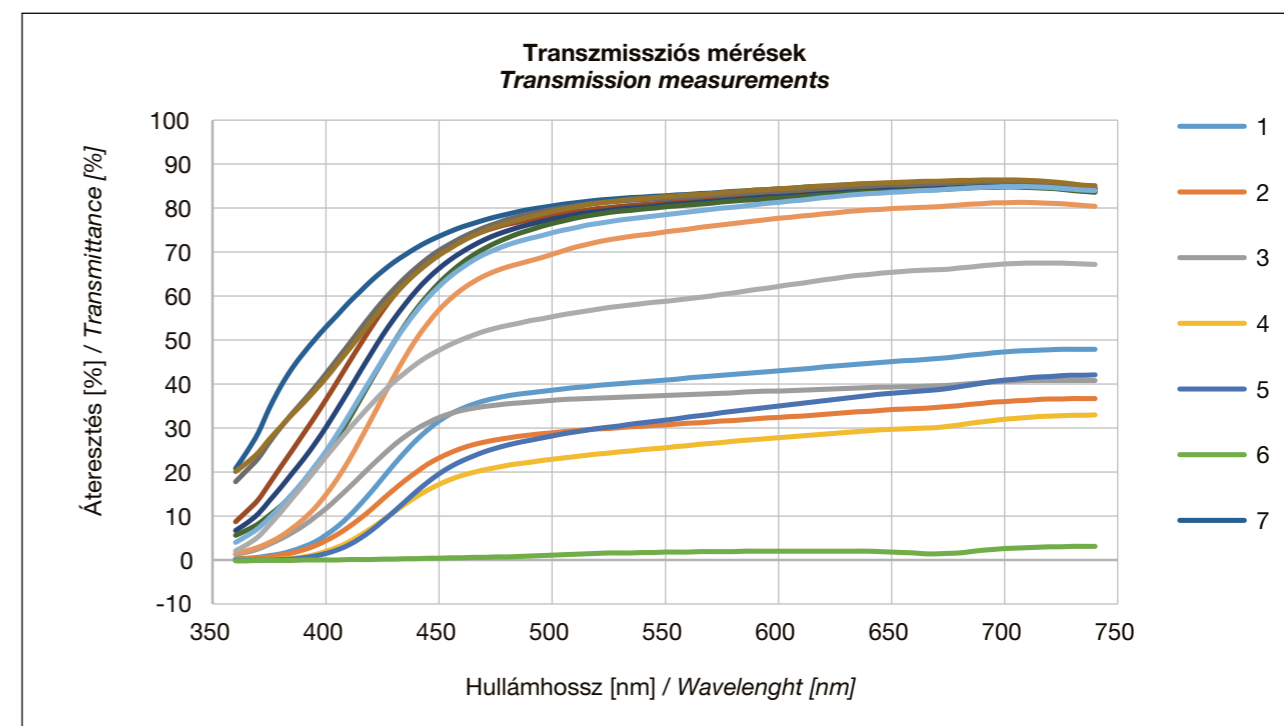
4. Eredmények és következtetések

A teafőzetek transzmissziós értékeinek átlagát mind a zöld teákra, mind a fekete teákra vonatkozóan ábrázoltuk. A zöld teák spektrumainak karakterisztikái nagyon hasonlóak voltak: fényt elsősorban a nagyobb hullámhosszokon engedtek át, míg az alacsonyabb hullámhosszokon kevésbé vagy egyáltalán nem. A különböző típusokat maximális átérésztés szerint csoportosítottuk. Egyesek maximális transzmissziója 80 és 90% között mozgott, másoké 30-50% közötti értéket mutatott. A teaminták általában a transzmisszió mértékében különböztek. A japán Uji tartományból származó Matcha Jikagise teát (6. minta) örleményből készítettük, emiatt színében és állagában jelentős eltérést tapasztaltunk a tealevélből készített főzetekhez képest: átlátszatlan és élénk világoszöld színű volt (2. ábra).

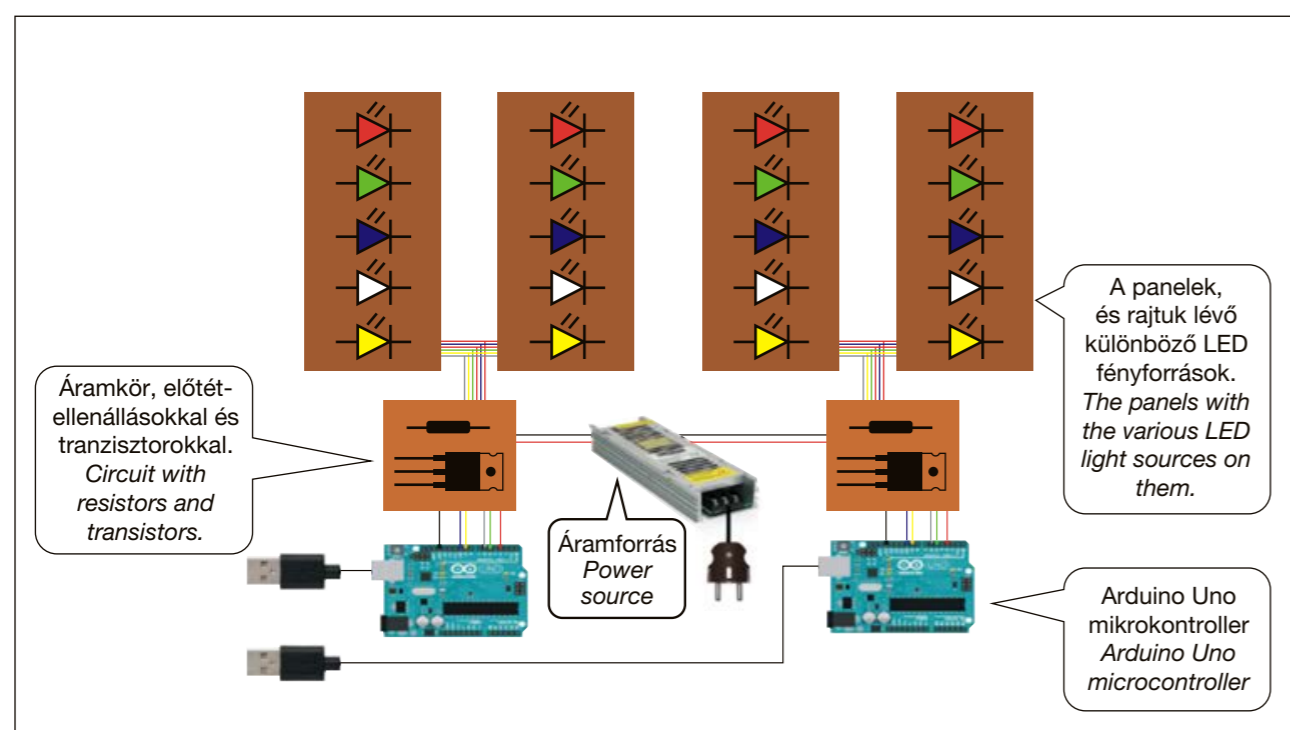
A transzmissziós spektrumok a fekete teák esetében is a hosszabb hullámhossztartományokon rendelkeztek nagyobb fényáteresztéssel, míg a rövidebb hullámhosszokon fokozatosan csökkent a transzmittanciájuk. A görbék jellege mindegyik mintánál hasonlóképpen alakult. Látható ugyanakkor, hogy a fekete teák esetében a színigerek között többféle variáció létezik, a spektrumvonalak pedig keresztezik egymást (3. ábra).

A kísérletben résztvevő érzékszervi bírálóok normál látással rendelkeztek, így az összes résztvevő folytathatott minden további érzékszervi vizsgálatot.

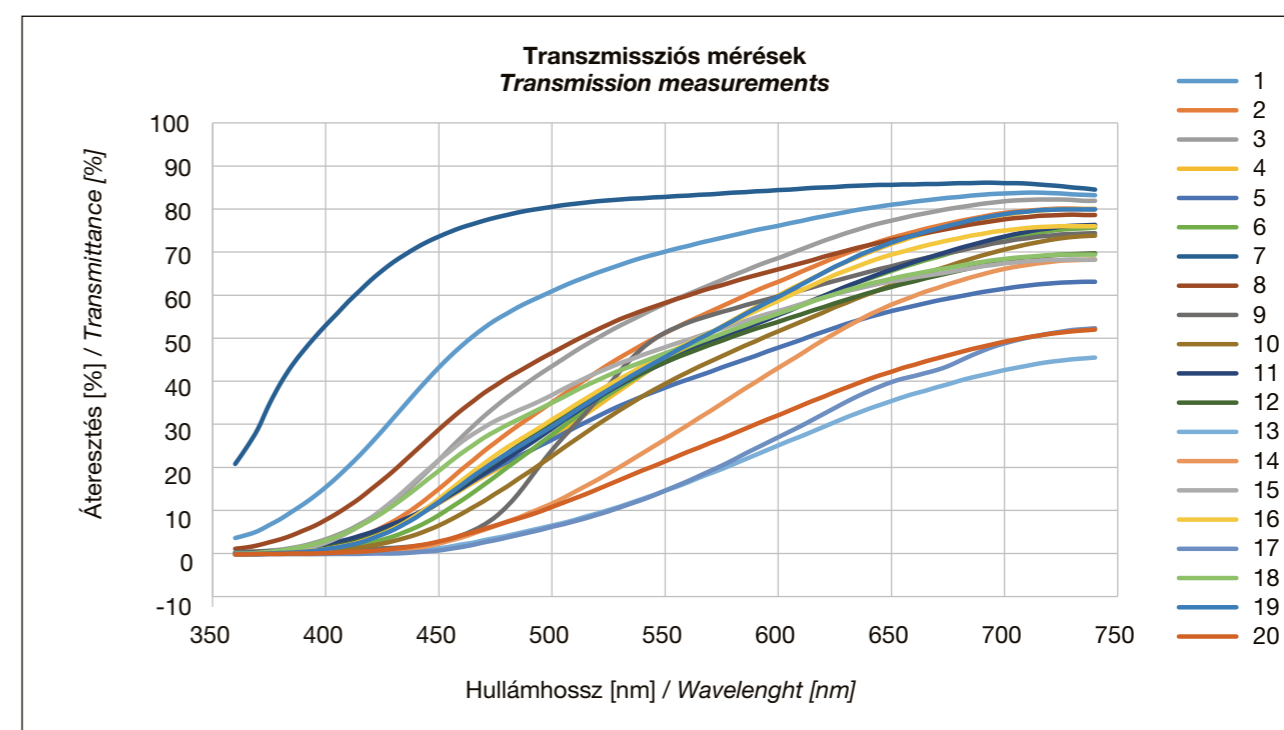
A zöld teák esetében valamennyi mintapár (5-14, 14-11, 4-7, 3-9, 1-10) a D65-ös megvilágítás alatt mutatott különbséget (4-5. táblázat). A szekvenciális (grafikus) kiértékelés alapján az összes helyes válasz száma az elutasítási határegyenes fölé esett. A bino-



2. ábra. A zöld teák transzmissziós spektrumai
Figure 2. Transmission spectra of green teas



1. ábra. Spektrálisan hangolható mérőállomás sematikus felépítése
Figure 1. Schematic structure of the spectrally adjustable measuring station



3. ábra. A fekete teák transzmissziós spektrumai
Figure 3. Transmission spectra of black teas

miális eljárás eredménye szerint a kiszámított valószínűségi érték a meghatározott 0,05 alá esett, ezért a H0-t (null-hipotézist) elutasítva 95%-os valószínűséggel állíthatjuk, hogy látó bírálók esetében a két minta között statisztikailag igazolható érzékszervi különbség adódott. A háromszög-próba során 95%-os szignifikancia szintnél a maszkolás beállításainak elfogadhatósága érdekében 27 vizsgálatból legalább 14 helytelen válasz szükséges (ami ebben az esetben azt jelenti, hogy a bíráló helytelenül választja ki az eltérő mintá[kaj]t).

A tökéletes maszkolás azt jelenti, hogy mind színnyalaton, mind világosságban sikerült elmaszkolni a minták közötti különbségeket. Ez a 2. beállítás segítségével az 5-14-es mintapár esetében valósult meg. A szekvenciális kiértékelés alapján az összes helyes válasz száma az elfogadási határegyenes alá esett. A binomiális eljárás eredménye szerint a számított valószínűségi érték a meghatározott 0,05 felett volt, ezért a H0-t elfogadjuk, azaz 95%-os valószínűséggel állíthatjuk, hogy normál látó bírálók esetén nem adódott statisztikailag igazolható érzékszervi különbség a két teaminta között. Az 5-14 és a 14-11-es mintapárok esetében az 1. és a 3. beállítás részben elmaszkolta a különbségeket.

4. táblázat. A zöld teák maszkolási hatékonyságának jellemzése a helytelen válaszok segítségével (maszkoló beállítások mellett)

Table 4. Characterization of the masking effectiveness of green teas with the help of incorrect answers (with masking settings)

Mintapárosítások Sample pairs	D65	1. beállítás (110-0-0-0-160) Setting 1 (110-0-0-0-160)	2. beállítás (255-0-0-0-45) Setting 2 (255-0-0-0-45)	3. beállítás (155-0-55-065) Setting 3 (155-0-55-065)	4. beállítás (205-25-25-0-0) Setting 4 (205-25-25-0-0)	5. beállítás (90-120-230-255-90) Setting 5 (90-120-230-255-90)
Sencha Shiruki - Green Jade (5-14)	3 db 3 pcs	12 db / 12 pcs	24 db* 24 pcs*	9 db / 9 pcs	9 db / 9 pcs	3 db / 3 pcs
Tien Shan Maojian - Green Jade (11-14)	3 db 3 pcs	12 db / 12 pcs	9 db / 9 pcs	9 db / 9 pcs	12 db / 12 pcs	3 db / 3 pcs
Gyokuro Karigane - Mengding Ganlu (4-7)	0 db 0 pcs	0 db / 0 pcs	3 db / 3 pcs	3 db / 3 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs
Gyokuroh Gokoh - Formosa Bi Luo Chun (3-9)	0 db 0 pcs	0 db / 0 pcs	6 db / 6 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs
Fukamushi Sencha - GABA Green (1-10)	0 db 0 pcs	3 db / 3 pcs	3 db / 3 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs

*A maszkolás hatása szignifikáns (95%-os) szignifikancia szint mellett
*Effect of masking at a significant (95%) significance level

5. táblázat. A zöld tea-főzetekre alkalmazott maszkoló fények (0-255)

Table 5. Masking lights applied to green tea infusions (0-255)

	Vörös Red	Zöld Green	Kék Blue	Fehér White	Borostyán Amber
1. beállítás / Setting 1	110	0	0	0	160
2. beállítás / Setting 2	255	0	0	0	45
3. beállítás / Setting 3	155	0	55	0	65
4. beállítás / Setting 4	205	25	25	0	0
5. beállítás / Setting 5	90	120	230	255	90

A fekete teák esetében a zöld tea-vizsgálatok hasonló logikáját alkalmaztuk. Először D65 megvilágítás, majd különböző maszkoló megvilágítások mellett végeztük a mintapárok háromszög-próbáit (6-7. táblázat). Míg a zöld teák esetében több LED-csatornát használtunk a megvilágítás létrehozásához, addig a fekete teák esetében elegendőnek tűnt egy-egy spektrum alkalmazása, ezért a maszkolásra csupán vörös, zöld, kék és borostyánsárga LED-eket használtunk. A fekete teák esetében minden mintapár (11-15, 3-4, 2-12, 1-9, 7-19, 14-20) a D65-ös megvilágítás alatt mutatott különbséget. A szekvenciális (grafikus) kiértékelés alapján az összes helyes válasz száma az elutasítási határegyenes fölé esett. A binomiális eljárás eredménye szerint a számított valószínűségi érték a meghatározott 0,05 alatt volt, ezért a H0-t elutasítva 95%-os valószínűséggel állíthatjuk, hogy látó bírálók esetén a két minta között statisztikailag igazolható érzékszervi különbség adódott. A háromszög-próba során 95%-os szignifikancia szintnél a maszkolás beállításainak elfogadhatósága érdekében 27 vizsgálatból legalább 14 helytelen válasz szükséges (ami ebben az esetben azt jelenti, hogy a bíráló helytelenül választja ki az eltérő mintá[kaj]t).

A tökéletes maszkolást a 14-20-as mintapár esetében a kék megvilágítás mellett, valamint a 3-4-es mintapár esetében a vörös megvilágítás mellett sikerült megvalósítani; ennek tényét a szekvenciális kiértékelés és a binomiális tétel kiértékelése is alátámasztotta. Tanulságos volt, hogy a 14-20-as teafőzet-pár színingerben közel áll egymáshoz, hiszen ebben a párosításban minden színes környezetben történt tévesztés.

Az elmaszkolások több esetben eltűntették a színkülönbségeket, a bírálók döntési idejét pedig 4-8-szorosára növelték. A világosságból adódó különbségek észlelhetők maradtak. A kutatási eredmények rávilágítottak arra, hogy amennyiben a minták közötti színinger-különbség számottevő, úgy a maszkolhatóság nem valószínűsíthető meg. A részleges elmaszkolás abból eredhet, hogy nem csak a színmaszkolás, hanem a világosság elmaszkolása is szükséges; ezt a jövőben különböző erősségű megvilágításokkal célszerű tesztelni.

6. táblázat. A fekete teák maszkolásának hatékonyságának jellemzése a helytelen válaszok segítségével (maszkoló beállítások mellett)

Table 6. Characterization of the masking effectiveness of black teas with the help of incorrect answers (with masking settings)

Mintapárosítások Sample pairs	D65	1. beállítás vörös LED Setting 1 red LED	2. beállítás zöld LED Setting 2 green LED	3. beállítás kék LED Setting 3 blue LED	4. beállítás borostyán LED Setting 4 amber LED
Yongde Öregfás Vörös - HIMALAYA Darjeeling (11-15) Yongde Old wood red - HIMALAYA Darjeeling (11-15)	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs
Alishan Black - Assam Black (3-4)	0 db / 0 pcs	15 db* / 15 pcs*	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	3 db / 3 pcs
Jin Xuan Black - Golden Monkey (2-12)	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	3 db / 3 pcs	9 db / 9 pcs
GABA Black - DaYaYin (1-9)	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs
Bai Lin Gongfu - Sri Lanka Pettyagalla (7-19)	0 db / 0 pcs	3 db / 3 pcs	0 db / 0 pcs	0 db / 0 pcs	12 db / 12 pcs
Darjeeling TINDERET - Assam Golden leaf (blend) (14-20)	0 db / 0 pcs	12 db / 12 pcs	3 db / 3 pcs	18 db* / 18 pcs*	12 db / 12 pcs

*A maszkolás hatása szignifikáns (95%-os) szignifikancia szint mellett
*Effect of masking at a significant (95%) significance level

7. táblázat. A fekete tea főzetekre alkalmazott maszkoló fények (0-255)

Table 7. Masking lights applied to black tea infusions (0-255)

	Vörös Red	Zöld Green	Kék Blue	Fehér White	Borostyán Amber
1. beállítás / Setting 1	255	0	0	0	0
2. beállítás / Setting 2	0	255	0	0	0
3. beállítás / Setting 3	0	0	255	0	0
4. beállítás / Setting 4	0	0	0	0	255
5. beállítás / Setting 5	0	0	0	0	0

5. Összegzés

Összefoglalásként megállapítható, hogy a különböző származású teanövényből (*Camellia sinensis* L.) előállított italok esetében a látó bírálók számára specifikált legkisebb észlelhető küszöbérték színeltaszkolásával, valamint a spektrális jellemzők meghatározásával a vizuális percepció-különbségek bizonyos színíngert-különbségű mintapárok között részben vagy egészen elfedhetők. Ennek köszönhetően a tökéletes maszkoló megvilágítás alatt a percepcióból adódó elvárás hibák nem torzítják a teaitalok egyéb érzékszervi jellemzőinek (illat, íz, állomány és szájbevonó) hatás-megítélését. A részleges elmaszkolás a színkülönbségeket több esetben el-tünteti, a bírálók döntési idejét 4-8-szorosára növeli, ugyanakkor a világosságból adódó különbségek továbbra is észlelhetők. A kutatás eredményei alapján ajánlott a műszer vizsgálati terének részekre bontásával történő további fejlesztése. Az így kialakított egyes térrészekben szoftver segítségével állítható a LED-típusok fényerőssége annak érdekében, hogy minden relatív vezérlési értéken ugyanazt a színíngert-hatást érzük el.

Az eredmények az érzékszervi vizsgálatok nemzetközi, hazai és akkreditált élelmiszervizsgálati gyakorlatában azonnal hasznosíthatók, hiszen segítségével lehetővé válik, hogy a vizsgált élelmiszer vizuális jellemzői ne befolyásoljanak más érzékszervi jellemzőket. A spektrálisan hangolható mérőállomás színeltaszkolásával, valamint az érzékszervi bíráló-csoport együttes alkalmazásával további élelmiszer-és terméktípusokra (ketchupok, barbecue szószok, mustárok, joghurtok, fehér-, rozé- és vörös borok, sörök, tejszokoládék, tojáslevek stb.), termékspecifikusan határozhatók meg a spektrális jellemzők.

6. Köszönetnyilvánítás



EMBERI ERŐFORRÁSOK
MINISZTERIUMA

A kutatás a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával, valamint az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-4 Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült. Nyitrai Ákos köszönetét fejezi ki az Élelmiszertudományi Doktori Iskola részére.

AUTOMATA ELEMENALIZÁTOROK

C - H - N - S - O - Cl TIC-TOC-TN-TP

A MIKRO ANALITIKÁTÓL ... A MAKRO ELEMZÉSIG

ELEMENALIZÁTOROK & TÖMEGSPEKTROMÉTEREK

110 év gyártói tapasztalatával

vario sorozat: univerzálisan alkalmazható multi elemanalizátorok
MICRO - FÉLMACRO - MACRO beméréssel

trace sorozat:
nyomelemzés



rapid sorozat: Rutin kezelésű berendezések dedikáltan egyes felhasználói területekre optimalizálva analízis költség, mérési idő és érzékenység tekintetében

N / fehérje analizátorok

speciális elemanalizátorok



Természetes izotóp arány és elemösszetétel mérő analizátorok:
Termékeredet vizsgálat, kriminológia, drog- és dopping felderítés, geológia



TOC / TIC / TC analizátorok:
ppm és ppb tartomány, össz-N és össz-P mérés

INDUCTAR sorozat:
elemanalízis fémekben és kerámiákban



SZÉLESKÖRŰ ALKALMAZÁSI TERÜLET



AGRÁR
MÉRÉSEK



KÉMIAI
ÖSSZETÉTEL



ENERGIA
IPAR



KÖRNYEZET-
VÉDELEM



KRIMINOLÓGIA
EREDET MÉRÉS



ANYAG-
VIZSGÁLAT



elementar
Analysensysteme GmbH
EXCELLENCE IN ELEMENTS
www.elementar.de



AKTIV INSTRUMENT Kft.
ANALITIKAI BERENDEZÉSEK, AUTOMATA ANALIZÁTOROK
1145 Budapest Pétervárad u. 14.
Tel.: (1)-789-2778, Fax: (1)-785-8489
Mail: kozpont@aktivinstrument.hu
web: www.aktivinstrument.hu

László Sipos¹, Ákos Nyitrai¹, Dániel Szabó¹, Márk Dominek², Ágnes Urbin², Balázs Vince Nagy²

Received: August 2019 – Accepted: December 2019

Organoleptic validation of a color masking system specified for green and black tea (*Camellia sinensis* L.) brews

KEYWORDS: LED, masking, illumination, expectation error, test geometry, color blindness

1. SUMMARY

Numerous studies focusing on organoleptic tests have shown that the visual characteristics of the product under study cause a preconception (expectation error) in the judge, which distorts the perception of the other sensory characteristics to varying degrees. In cases where the rating is not based on visual judgment, it is advisable to ensure test conditions where it can be ruled out that the color stimulus of the product does not influence the decision of the judges [1]. Consequently, it is necessary to reduce the intensity of color sensation or the quality of the sensation, but most of all to mask them. The methods widely used in practice (blindfolding, colored vessels, colored lenses, etc.) are subject to distortions, therefore, a spectrally adjustable lighting system specified for the types of the given product can provide a solution to eliminate these by optimizing the parameters of the observation and by the sensory validation of them. The said spectrally adjustable LED measuring system with a homogeneous light distribution is controlled by arduino (an open-source electronic prototyping platform enabling users to create interactive electronic objects – ed.).

In our study, the organoleptic validation of a color masking system specified for green and black tea (*Camellia sinensis* L.) brews is presented. Participants of the experiment were tested according to international standards [2, 3]; based on our test results, they had normal vision in all respects. The results showed that, by color masking the smallest detectable threshold value and by determining the spectral characteristics, differences in visual perception between sample pairs with a certain difference in color stimulus can be partially or completely masked. As a result, under perfectly masking illumination, expectation errors due to perception do not distort the judgment of the other organoleptic characteristics (such as smell, taste, texture and mouth coating) of tea brews. Partial masking eliminates color differences in many cases, increases judgment time 4 to 8-fold, however, differences due to brightness remain observable.

2. Introduction and literature review

From a taxonomy point of view, the tea plant was first described by Carl von Linné in his work titled

Species Plantarum in 1753. The scientific name of the tea plant is *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze. In a taxonomic sense, the most important varieties of the tea species (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) from

a cultivation point of view are *Camellia sinensis* var. *sinensis* (Chinese tea, origin: Yunnan province, China) and *Camellia sinensis* var. *assamica* (J. W. Masters) Kitamura (Assam tea, origin: Brahmaputra Valley, India). Commercial teas are typically made from variants of these two species. The other two varieties of the tea plant are less significant: *Camellia sinensis* var. *dehungensis* and *Camellia sinensis* var. *pubilimba* [4]. *Camellia sinensis* var. *assamica* subspecies *lasiocalyx* (Planchon ex Watt.) is a subspecies of Assam tea: the Cambodian or southern type. They can be distinguished based on their leaf size: the leaves of Assam tea are the largest, followed in size by the leaves of Cambodian tea, and the leaves of Chinese tea are the smallest [5]. Initially, the taxonomic classification of tea plants focused on their morphological features, primarily on their externally appearing characteristics (plant size, leaf shape, its hairiness, the number of flower petals, the nature of the fruit, etc.). This was followed later by classification based on internal structures (cellular and histological structure), while nowadays relationships are determined using genetic and DNA tests.

The tea species (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) is a perennial, evergreen woody plant. It is a plant of the subtropical regions and tropical highlands, originating in Southeast Asia. It prefers tropical and subtropical climates, and is cultivated in China, India, Sri Lanka and Japan, as well as in several African and South American areas. Its leaves are simple, typically ovoid in shape, with pointed, scattered tips. The leaves are leathery, shiny and hairy when young. The leaves at the apex are light green, those below are darker green. The leaves have a serrated edge, they are 2 to 5 cm wide and 4 to 15 cm long. The veins are clearly visible on the back side, the stalks of the leaves are short. The leaves of the Chinese version of tea are smaller, thicker, coarser-veined, while the leaves of the Assam version are thinner, with finer veins [6]. The flowers of the tea plant develop from the petiole, typically singly or in pairs. The petals of the flower are white with a pinkish tinge, the stamens are yellow and are arranged in two circles. Those in the outer circle are partially fused with the petals. The stamens in the inner circle are smaller, with the stigma located in the middle. Flowering typically occurs from October to February, with fruit production taking place between August and October [7]. The tea shrubs take 5 to 6 years to begin producing. The fruits are initially small and green in color, the trilobular capsules have 2 or 3 seeds. The brown seeds are 10 to 16 mm in diameter, they are round, hard and germinate slowly (usually within 4 to 6 weeks). Seeds can be extruded to obtain tea tree oil [5].

The Chinese variety (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) is grown in China and Japan; it exhibits good resistance to cold environment. The tea shrub, which is typically 2.7 to 4.5 m tall, bears 4 to 6 cm long leaves for up to 80-100 years. The Assam variety (*Camellia sinensis* var. *assamica*) is grown in tropical regions;

its shoots grow for 40-50 years. Its structure is more robust, with a height of 14 to 18 m its size is similar to that of a smaller tree, and its leaves are also larger: they are 15 to 35 cm long. The southern subspecies of the Assam variety (*Camellia sinensis* var. *assamica* subspecies *lasiocalyx*) is predominantly grown in tropical Cambodia, it is typically 4 to 6 m in height [8]. Some plantations may have tea shrubs that are up to 30 to 40 years old. The oldest tea tree is found in China, it is 32 meters tall and is estimated to be 1,700 years old [9].

Tea plants are typically grown in tropical areas near the equator, where the temperature is between 10 and 35 °C, the annual rainfall is 1200 to 2400 mm and the altitude is between 300 and 2100 meters [10]. The established plantation is typically harvested 4-5 times a year, and all parts of the plant (bud, leaf, stem) are utilized. The most valuable parts are the buds and the top two fresh leaves. In practice, at plantations with intensive cultivation technologies, harvesting frequency is 15 days, while at plantations with extensive cultivation technologies it is 45 days. More frequent picking requires more work and energy, but results in better quality and higher yields. Less frequent picking requires less organizational work, but ore conducive to the spread of pests and pathogens. In most cases, yields are influenced by the weather (amount and evenness of rainfall, sunlight, ground frost). Harvesting can be performed manually or by machine. Harvesting of high quality teas can only be achieved by hand picking [9, 11].

The FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*), which collects the most important statistics on agricultural production and foodstuffs (FAOSTAT), has set up the *Intergovernmental Group on Tea* (IGGT), the task of which is intergovernmental consultation, as well as the evaluation of the production, consumption, trade, and the current and future market trends of tea. The Intergovernmental Group on Tea organizes its biennial meetings at major tea-producing centers; the last (twenty-third) session was held between May 17 and 20, 2018, in China, in the city of Hangzhou.

Tea is one of the most frequently consumed drinks all over the world, and according to certain estimations, it is the most commonly consumed liquid after water. World tea production is divided into four main categories: black, green, instant and other. Over the last decade, tea production has been increasing by an average of 4.4% per year, reaching 5.73 million tonnes in 2016. The world's two largest tea-producing countries are China (2.41 million tonnes) and India (1.25 million tonnes), accounting for more than half of world tea production. The largest tea-producing countries are China (2.41 million tonnes), India (1.25 million tonnes), Kenya (0.47 million tonnes), Sri Lanka (0.34 million tonnes), Turkey (0.24 million tonnes) and Vietnam (0.24 million tonnes). China is primarily responsible for the increase in global tea production:

¹ Szent István University, Faculty of Food Science, Department of Postharvest Science and Sensory Evaluation

² Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechatronics, Optics and Mechanical Engineering Informatics

the production of the country has more than doubled over the past decade (2007: 1.17 million tonnes, 2016: 2.41 million tonnes). This is due to the growth of domestic demand, as well as other reasons such as health awareness and the development of herbal drinks. The largest areas of cultivation are typically found in the countries that are the largest producers: China, India, Sri Lanka, Kenya, Vietnam, Indonesia, Myanmar, Turkey [12].

With stable prices and the health benefits of green tea, global black tea production increased by 3.0% and that of green tea by 5.4% over the last decade, both globally and annually. The largest black tea producing countries are India (1,260,000 tonnes), Kenya (439,850 tonnes), Turkey (310,500 tonnes), China (310,000 tonnes) and Sri Lanka/Ceylon (305,000 tonnes). The largest green tea producing countries are China (1,527,437 tonnes), Vietnam (94,200 tonnes), Japan (76,667 tonnes) and Indonesia (34,013 tonnes). Today's tea-growing areas are well defined, and the distribution of tea-producing areas is characterized by a territorial concentration (FAO, 2018). Over the past decade, world exports of tea have increased by 1.4% annually, reaching 1.75 million tonnes in 2016. The two largest exporters are Kenya (2016: 475,300 tonnes) and Sri Lanka (2016: 295,300 tonnes). While Kenya's export increased by 18%, the export of Sri Lanka fell by 11% due to weather conditions and state restrictions on fertilizers. Exports by India and China increased only slightly due to the increase in domestic demand. The FAO International Weighted Average Price Index for black tea was 2.57 USD/kg in 2016, but rose by 22.6% to 3.15 USD/kg in 2017. At the largest tea auctions (in Calcutta, Cochin, Colombo and Mombasa) prices have risen steeply for tea produced by both the orthodox and the CTC method. Of course, international tea prices are influenced by numerous factors (crop quantity and quality, pests, diseases, weather conditions, retailers, wholesalers, multinational companies, etc.). The demand side can also be shaped by many factors, such as price, income, demographics, education, occupation, cultural background, health awareness, substitute products, etc. Demand has started to increase significantly in the case of Asian, African and Latin American tea-producing countries. The countries of the European Union are traditionally importing countries [12].

With forecasts based on dynamic time series models, world black tea production is projected to reach 4.42 million tonnes by 2027, with an expected average annual growth rate of 2.2%, resulting in significant growth in China, Kenya and Sri Lanka. In the case of green tea, the 1.53 million tonnes in 2016 is expected to increase to 3.31 million tonnes in 2027, with an average growth rate of 7.5%. This growth rate is expected to be due to increased productivity (higher yield varieties, the spreading of better agricultural practices, etc.). By 2027, black tea consumption is expected to grow by 2.5% annually to 4.17 million

tonnes. While higher consumption growth (2-9%) is expected in African countries, only a slight consumption growth (0.2-1.4%) is expected in Western countries. The main factors contributing to increased consumption in tea-processing countries are as follows: increase in per capita income, increased awareness of the health benefits of tea consumption and XXX, widening of the product range. Black tea exports are expected to reach 1.66 million tonnes by 2027, while trade figures for major exporting countries may remain unchanged. World green tea exports are expected to reach 605,455 tonnes by 2027, with an annual growth rate of 5.0%. China will continue to dominate the export market (416,350 tonnes), followed by Vietnam (148,493 tonnes), Indonesia (12,889 tonnes) and Japan (10,445 tonnes). Most dynamically will grow the green tea exports of Japan (9.3%) and Vietnam (9%), as opposed to the 4% growth of China. Since the tea plant (*Camellia sinensis*) is very sensitive to changing growing conditions, therefore, the local effects of global warming greatly influence production. In light of this, the growing demand in the forecasts will be increasingly difficult to meet. When considering tea development strategies, the consequences of climate change should also be considered [12].

Although several methods have been developed to assess the quality and market value of tea, but there are normative internationally standardized methods in terms of food safety, nutritional physiology and organoleptic testing. For the qualification of teas, based partly on instrumental and partly on organoleptic characteristics, it is advisable to seek the assistance of accredited testing laboratories. Organoleptic testing often includes the judging of the quality of the tea leaf, the beverage made from it and the soaked tea leaves, and the three attributes together give the quality classification of the finished product.

Tea-related standards are produced by the Subcommittee on Tea (SC 8) of the Technical Committee for Food Products (TC 34) of the International Organization for Standardization (ISO), with its international acronym being ISO/TC 34/SC 8. The Subcommittee on Tea was established in 1981, its secretariat is headed jointly by the *British Standards Institution* (BSI, 389 Chiswick High Road, London, United Kingdom) and the *Standardization Administration of China* (SAC, No. 9 Madian Donglu, Haidian District, Beijing 100088, China). The field of the Subcommittee on Tea (SC 8) is standardization related to tea (*Camellia sinensis*), which includes, inter alia, the standardization of the various types of tea, testing methods of composition and organoleptic quality, as well as good manufacturing and transport practices. Standardization is aimed at the clarification of the quality of tea in international trade in order to meet consumer expectations for tea quality. The Subcommittee on Tea (SC 8) assigned different subfields to different *working groups* (WG): WG 4 *White tea*, WG 6 *Tea classification*, WG 7 *Oolong tea*, WG 10 *Green tea – Vocabulary*, etc. The Subcommittee on Tea currently

has 18 members (national standardization bodies) and 24 observers (national standardization bodies). To date, the Subcommittee on Tea has published 30 ISO standards and two other standards are under development (**Table 1**).

From an organoleptic point of view, the quality of the tea is determined by its color, freshness and aroma components and their intensities. In general, the younger the certain part of the tea plant is, the more valuable it is. Accordingly, the individual parts of the plant may be arranged in a series. The order, starting with the most valuable part is: closed leaf bud, opening leaf bud, top young pair of leaves, lower leaves, even lower leaves, stem. Overall it can be stated that the higher the rank number of the leaf, the lower the quality of the tea is [9]. Of course, the integrity of the leaves is also important for classification purposes. There are three main categories: 1. whole leaves; 2. broken leaves; 3. leaf debris and/or dust. The method of preparation is influenced by the size of the particles. The smaller the particles, the shorter the time recommended for soaking/extraction, because fragrance and aroma components dissolve more rapidly through a higher specific surface area [13]. Tea beverages are typically made using leaf buds, leaves and shoots, but certain types of tea are made only from plant stem parts. The Japanese green tea made from the stem parts separated during the harvest is the *kukicha* (*boucha*: stem tea, *shiraore*: white flock). Thus, the aroma profile of *kukicha* is not characterized by the sweet taste and floral, sour notes typical of green teas, but the nutty and creamy texture of the aromas released from the stem parts [14].

The tea plant has previously been the focus of many international and domestic studies, however, research has been aimed primarily at the bioactive components and their effects on health, and possibly at the food safety risks of teas. Because of the enjoyment value of the tea consumed as food, it is crucial to characterize the organoleptic quality of dried tea leaves and the tea beverage. Factors that influence the components found in tea beverages and, through them, the organoleptic parameters are as follows: starting material (species/variant/variety, growing area, technology of cultivation, age of the tea shrub); harvesting (method, time, location of the harvested parts on the plant); processing (time, particle size, oxidation state); storage conditions (temperature, humidity, time, light exclusion); water used for the preparation of the beverage (chemical properties, temperature); beverage preparation processes (extraction time, solution concentration) [14, 15].

The biological potential of tea leaves is determined by the genetic characteristics of the tea plant (tea species/subspecies/variant/variety). However, environmental conditions may influence the quality of the tea shrub that grows from the genetic possibilities. Similarly to foods, it is also true for tea beverages that

high quality tea can only be made from high quality ingredients. The two most important ingredients of the tea beverage are tea and water. Factors influencing the organoleptic properties of tea are as follows: geographical location; weather conditions (temperature, precipitation, amount and distribution of sunlight); soil/growing medium; altitude; tea species/subspecies/variant/variety; cultivation type (greenhouse, plastic greenhouse, open field, shading length, humidification, air exchange, etc.); agricultural practices; harvest time; age of the tea plant; location of the collected tea leaves on the plant; morphology and bioactivity of the tea leaves; method and time of harvest; method of processing (type and degree of fermentation: white, green, yellow, black, oolong, dark); storage conditions (temperature, humidity, time, light exclusion) [16, 17]. The most important properties of the water used to make a tea beverage are as follows: type of water (hardness, pH, mineral content, etc.); water temperature (initial soaking temperature, rate of temperature decrease); soaking, leaching, extraction time; concentration (amount of tea/water used); tea beverage/brew preparation procedures. In the case of beverages made using soft (≤ 8 °dH) water, the aroma components usually dissolve from the tea leaves well, so the features and the character of the tea can be properly emphasized. The recommended initial temperature of the water/soaking is typically between 60 and 80 °C. When using hot water with a temperature of 100 °C, the tannic acids in the tea dissolve immediately, and the bitter substances will dominate the beverage. Very high temperatures also damage the phytonutrients of the tea (vitamins, nutrients, antioxidants, etc.). The optimal temperature of the brewing water is therefore around 80 °C. By increasing the soaking time (30 mp - 150 mp), the proportions of the flavor and aroma components can also be adjusted. The rate of decrease in water temperature is determined by the external temperature, that is, the temperature of the air in direct contact with the beverage and the temperature of the vessel. The larger the surface of the vessel, the more important it is for the vessel to have the same temperature as the initial temperature of the water. In most cases this is accomplished by preheating and heat retention.

In their research [18], Lee and Chambers investigated the brewing methods that influence the taste of green tea. The purpose of their study was to describe the change in the taste of green tea when it is made with different water temperatures and brewing times. Green tea samples were brewed at three different temperature levels (50, 70 and 90 °C), where the extraction time was systematically varied between 1, 2, 5 and 20 minutes. A total of twelve brewing temperature and time combinations were investigated using three different green teas from Korea. Trained judges participated in a descriptive sensory analysis using a previously developed green tea lexicon. In the course of the experiment, investigating teas at twelve dif-

ferent brewing temperature and time combinations, the researchers found that as the brewing time and temperature increased, brown and brownish properties (ash/sooty, burnt/scorched), as well as bitterness and astringency increased, while green and greenish properties (green beans, spinach) decreased. The flavor of green tea is formed by the substances it contains, but the amount of water-soluble components can be significantly influenced by the extraction temperature and the extraction time. Ingredients that contribute primarily to the taste of green tea include catechins, which are responsible for 70 to 75% of bitterness and astringency [19, 20].

Caffeine in tea is bitter [21], while tannins produce a strongly astringent or pungent taste [22]. Amino acids are responsible for juicy taste, while free sugars contribute to sweet taste [23]. With increasing water temperature and brewing time, the amount of tannin, free sugar and total nitrogen all increase in green tea [24]. As the water temperature increases, the caffeine content of green tea, together with its bitterness, also increases [25]. However, it should be emphasized that water temperature and extraction time also strongly influence the nutritional properties of green tea. The amount of catechins, responsible for the antioxidant effect of tea, depends on the brewing method. Therefore, from a nutritional point of view, it is recommended that green teas are brewed in hot water for 3 to 5 minutes, resulting in a bitter and sour green tea [16, 26].

Some researchers have previously sought to determine the optimal brewing conditions using green tea bags and green tea leaves. When using tea bags, it was found that the amount of soluble solids (phenols and flavonoids) in green tea increased with increasing water temperature and brewing time. Based on the physico-chemical and acceptability data, it was concluded that the optimal brewing method can be achieved with water at 73-83 °C and a brewing time of 5.3-6.3 minutes [27, 28]. Methods with different water temperatures and brewing times result in green tea beverages with different flavors. If consumers brew the given green tea in water with a temperature of 50-70 °C for 1-5 minutes, then its green, not brown taste will be dominant, and bitterness will be low to moderate. When brewing green tea for more than 5 minutes and/or using water with a temperature of 95 °C, the beverage will have a stronger, brown aroma and a bitter, sour taste. Some green teas produce a moldy ("new leather") when brewed at 95 °C or for more than 5 minutes, and an unpleasant, drug-like taste is produced when boiled at 95 °C for 20 minutes. It follows from these experiences that it is advisable for consumers to make green tea by soaking at 70 °C for 1 or 2 minutes, or brewing at a temperature of 50 °C for 2 to 5 minutes. Based on the results it can be stated that both bitterness and astringency increases with increasing water temperature, brown flavors appear at high temperatures, as well as moldy notes when combined with long soaking times. When

making green tea, it is usually advisable to use water with a temperature of 50-70 °C and a soaking time of 1-5 minutes, which can be adjusted depending on the taste properties of the tea we would like to highlight [18].

During the various organoleptic tests, the organoleptic properties of tea and tea beverages are evaluated and classified by the judging teams, typically with the help of their sense organs. In the process of perception, first the stimuli-specific receptors of the individual sense organs (eyes, ears, nose, tongue, skin) register the stimuli coming from the products or samples. The stimuli then activate the receptors, so that information is now being transmitted to the central nervous system, the spinal cord and the brain, in the form of a signal. Perception is actually the observation of the effects of sensory stimuli [29]. According to light engineering terminology, color exemplifies the triad of stimulus-signal-sensation because, in the physical sense, it is a light stimulus of a certain wavelength (380-780 nm) that can be detected by the human eye, in a physiological sense, it is a signal caused by one or more rays of light in the eye, the organ for color vision, whereas in a psychological sense, it is a sensation of color in the cerebral cortex induced by signals transmitted through the neural pathways of the organ of sight [30].

The reliability of organoleptic results is determined by three key factors: the adequacy of the judges, the experimental design and the circumstances of the organoleptic method or experiment, and the implementation of the organoleptic tests. The adequacy of the judges is ensured by their selection and training, and by tracking their performance, their inadequacies and areas of personal development can be identified [2, 31]. In organoleptic testing, the adequacy of the judges' organs is crucial. For this reason, screening for color blindness of the judges is also an important consideration, since both color discrimination and color identification are much less pronounced in color blind subjects than in people with normal sight. Organoleptic tests generally use pseudo-isochromatic tests to measure color blindness (Ishihara, Stilling, Velhagen), while instrumental anomaloscopic examinations are more accurate, giving accurate and quantitative measurement results on the degree and type of color blindness [3]. In all cases, the selection of the experimental design and the appropriate organoleptic method is based on the research question, taking into account the given possibilities.

Numerous organoleptic studies report that the visual characteristics of the product under investigation cause a preconception (expectation error) in the judges, because they distort the perception of other sensory characteristics to varying degrees. Judges assume, even before starting the tests, that darker red wine is more full-bodied, that darker chocolate is more bitter, that beer with a darker shade is more aromatic, that yellowish ice cream is more creamy; the

above-mentioned characteristics can significantly influence the objective perception of taste, smell and texture [32]. In cases where rating is not based on visual judgment, it is advisable to provide test conditions where it can be ruled out that the color stimulus of the product affects the decision of the judges. For this reason, the intensity of the perception of the color stimulus or the quality of sensation must be reduced, or even masked.

One solution to this may be for the judges to perform testing blindfolded, and each of the judges is assisted by a support staff. In our previous experiment, however, we have seen that people with normal sight make inconsistent judgments as a result of blindfolding [33]. This method is rarely used not only for this reason, but also because of its excessive human resource requirement. A solution to this problem may be to hide the color stimulus differences between the products using glasses with color filter lenses, but the weakness of this method is human curiosity: judges can rarely help not to look under the under the glasses or remove them, so this method does not prove to be an appropriate means of masking color differences either [34]. (Because of this, and due to technical and production difficulties, this method is not widespread in practice.) The third possible solution is to present the samples dark, opaque, typically colored glass cups with a narrow mouth and a tulip shape, which are used in testing beverages and can concentrate aroma components. For example, cobalt-colored (bluish) or, in certain cases, red glasses are used for the testing of olive oils. The samples are covered with a transparent glass lid prepared for the tasting cup, so that the aromas can be enriched in the headspace. The international standard states in particular that the test cup is not for the analysis of the color or the texture of the olive oils [35]. The biggest fault of this solution is that the judges almost invariably look into the glass and detect the original visual characteristics of the product, leading to a distorted judgment. For the above reasons, this method can only be used for the strictly controlled examination of a specific foodstuff, and in no way in a general sense. For many product categories (roasted meats, bakery products, chocolates, etc.) it is impossible and unrealistic to judge through colored glass.

Some researchers have raised the issue of mixing samples with wet coloring substances. However, the use of this method is limited, since in the case of complex food matrices, the added coloring substances may affect different organoleptic properties, thus rendering the organoleptic examination itself meaningless. At the same time, organoleptic laboratories typically test finished products to which they cannot add any food colorings [34]. According to the international standard describing the methodology and general principles of organoleptic examinations, the effect of color differences can be partially obscured by illumination that minimizes color difference [1]. Illumination

may hide color differences and other appearance factors, so that judges can focus on other organoleptic features or the reception of the characteristics of the particular test sample without visual cues [36]. Most often, the masking effect of red light is emphasized, which can effectively mask, for example, the differences in shade of cooked meats, the crust of baked goods or the color of some fruits and vegetables [37]. Unfortunately, the spectral characteristics of the recommended fluorescent lamps do not allow for the masking of the differences in the color range of food samples of different colors and brightness. The color (spectral composition), luminous intensity and color temperature of the colored fluorescent lamps used in practice cannot be adjusted.

Based on the results found in the literature it can be stated that in the case of organoleptic tests there is no suitable method for the effective masking of visual differences. To eliminate the problems listed above, a complete solution can be provided by a spectrally adjustable lighting system specified for the types of the given product by optimizing the parameters of the observation (visual geometry, photometric and spectral character of the light source, eye adaptation state) and by the sensory validation of them.

Objectives of the research:

1. Testing the color vision of sensory judges: color vision correctness, hue test, contrast sensitivity, color discrimination test;
2. Determination of the spectral properties of green and black tea (*Camellia sinensis* L.) brews;
3. Testing the effect of masking; determination of the color discrimination ability (minimum detectable threshold) of judges with respect to the reference color points associated with the product groups, with or without masking light.

3. Materials and methods

Regarding the samples included in the study, our goal was to represent each tea-producing country and tea-producing area according to their importance (Tables 2 and 3).

Transmission values of the tea samples were determined by spectrophotometric measurements (UV-1600/VIS, AOE Instruments). Transmission measurements were carried out in the visible range between wavelengths 360 and 760 nm, with a resolution of 5 nm. Tea infusions were prepared in accordance with international standards [38]. After the preparation of the tea infusions, tea samples were pipetted into 5 ml cuvettes, and then they were covered cuvette lids. For the spectrophotometric measurements, five replicates were prepared from each sample, and these were also used for the organoleptic tests.

When testing the color vision of the judges, the requirements of the relevant international standards were used as a guidance [2, 3]. Corresponding to these, serial dilution color test, pseudo-isochromatic color recognition test (Ishihara), hue discrimination test, instrumental color vision test (OCULUS 47700 Heidelberg MultiColor anomaloscope), as well as contrast sensitivity and general color discrimination tests (Cambridge Research System, Visage system) were performed.

The spectrally adjustable measuring station, containing five different wavelength LED sources (red (640 nm), green (530 nm), blue (460 nm), amber (590 nm) and neutral white), was built at the Department of Mechatronics, Optics and Mechanical Engineering Informatics of the Budapest University of Technology and Economics. The intensity value of each LED channel is adjustable from 0 to 255, so virtually any number of illuminations can be tested. The 1.5 x 1 x 1 meter installation has five types of power LEDs mounted on four fixed panels. The box is made of 1 cm thick diffuse wood furniture board ensuring high reflection. The panels are rotatable and are accessible via two doors. In the box there are also two baffles, which obscure the light sources when viewed and improve the homogeneity of the bottom plate. The schematic structure of the system is shown in **Figure 1** below.

The light sources are located in each corner of the measuring station, and after multiple reflections, the emitted light enters the work area from the white walls. Because of the homogeneity, the angle between the panels and the walls is 45°. Viewed from the front, there is a large opening on the front surface of the installation, providing access to the working space inside the device. Due to the positioning of the panels in the spacious working space, the distribution of the light density is uniform on both the horizontal bottom plate and the rear wall. It can comfortably accommodate the tea samples and their colors can be examined with proper illumination. Control is performed using two Arduino Uno microcontrollers. In the program, the LEDs can be set from 0 to 255, which is achieved by the microcontroller by pulse width modulation, i.e., the brightness of the LEDs is adjusted by changing the fill factor. The implemented LED measurement system is arduino-controlled, has a homogeneous light distribution and can be spectrally tuned [40]. Regarding the perception of the color of foods, several research groups have emphasized the need for a multispectral approach [41], as well as relevance of hyperspectral imaging techniques [42, 43, 44].

Judges were selected from among the students of the Budapest University of Technology and Economics and Szent István University who had good sight. For the sensory examinations, a triangle test was used, which is one of the most sensitive methods of difference analysis; it is suitable for the detection of

small differences and requires moderate use of the sense organs of the judges. The logic of the triangle test follows the shell game principle to determine the difference or similarity between two samples (A and B), where the judges are given three samples in each case. The task is to identify the different samples.

During the study, certain tea beverages were compared. Under different illuminations, the tea samples in the cuvettes were tested by the judges separately, with the cuvettes spaced 6 cm apart. The results were recorded in Microsoft Excel and evaluated according to the relevant standard. The binomial theorem and the sequential procedure were used for the evaluation [38, 39]. In the first step, the tea samples were tested under illumination with a color temperature corresponding to artificial sunlight (D65), as recommended by the international standard describing the methodology and general principles of organoleptic tests [1]. In the second step, different masking illuminations were assembled and tested for effectiveness. Of course, during the organoleptic tests, only those pairs of samples were examined under masking light that differed under the standard („artificial sunlight”) light source (D65).

4. Results and conclusions

The mean transmission values of the tea infusions are plotted for both green teas and black teas. The characteristics of the spectra of green teas were very similar: light was transmitted primarily at higher wavelengths, while less or no light was transmitted at lower wavelengths. The different types were grouped by maximum transmission. Some samples had a maximum transmission between 80 and 90%, while for others it was between 30 and 50%. The tea samples generally differed in the extent of transmission. The Matcha Jikagise tea (Sample 6) from Uji Province, Japan, was made from a ground material, resulting in a significant difference in color and texture compared to infusions made from tea leaves: it was opaque and bright light green (**Figure 2**).

In the case of black teas, the transmission spectra also had a higher light transmission at longer wavelengths, while their transmittance gradually decreased at shorter wavelengths. The nature of the curves was similar for each sample. However, it can be seen that, in the case of black teas, there are a number of variations in color stimuli and the spectral lines intersect (**Figure 3**).

The judges participating in the experiment had normal vision, so all participants could perform any further sensory examination.

In the case of green teas, all sample pairs (5-14, 14-11, 4-7, 3-9, 1-10) showed differences under D65 illumination (**Tables 4 and 5**). Based on the sequential (graphical) evaluation, the number of all correct answers fell above the rejection line. According to

the results of the binomial procedure, the calculated probability value was below the specified 0.05, therefore rejecting the H0 (null hypothesis) we can state with 95% probability that in the case of judges with normal vision, there was a statistically verifiable sensory difference between the two samples. During the triangle test, at the 95% significance level, for the acceptability of the masking settings, 14 incorrect answers in 27 trials are required (which in this case means that the judge incorrectly chooses the differing sample(s)).

Perfect masking means that the differences between the samples are masked both in terms of hue and brightness. This was achieved with setting 2 for sample pair 5-14. Based on the sequential evaluation, the number of all correct answers fell below the acceptance line. According to the result of the binomial procedure, the calculated probability value was above the specified 0.05, so the H0 was accepted, i.e., it can be stated with a 95% probability that, in the case of judges with normal vision, there was no statistically verifiable sensory difference between the two tea samples. For sample pairs 5-14 and 14-11, settings 1 and 3 partially masked the differences.

For black teas, a logic similar to that of green tea tests was used. Triangle tests of the sample pairs were performed first with illumination D65 and then with the different masking illuminations (**Tables 6 and 7**). While in the case of green teas multiple LED channels were used to create the illumination, for black teas, it seemed sufficient to use a single spectrum, so only the red, green, blue and amber LEDs were used for masking. For black teas, each sample pair (11-15, 3-4, 2-12, 1-9, 7-19, 14-20) showed a difference under illumination D65. Based on the sequential (graphical) evaluation, the number of all correct answers fell above the rejection line. According to the result of the binomial procedure, the calculated probability value was below the specified 0.05, therefore, rejecting H0, it can be stated with a 95% probability that, in the case of judges with normal vision, there was a statistically verifiable sensory difference between the two samples. During the triangle test, at the 95% significance level, for the acceptability of the masking settings, 14 incorrect answers in 27 trials are required (which in this case means that the judge incorrectly chooses the differing sample(s)).

Perfect masking was achieved for sample pair 14-20 under blue illumination, while in the case of sample pair 3-4 under red illumination; this fact was confirmed by the sequential evaluation and the evaluation of the binomial theorem. It was instructive that the 14-20 tea infusion pair was close to each other in color stimulus, as mistakes were made in each color environment for this pair.

In several cases, masking eliminated the color differences, while increasing the decision time of the

judges 4- to 8-fold. Differences due to brightness remained noticeable. The research results have shown that if the color stimulus difference between the samples is significant, then the masking effect cannot be realized. Partial masking may result from the fact that not only the masking of color, but also the masking of brightness is necessary; this should be tested in the future using different levels of illumination.

A masking light meeting all needs could not be created for green and black tea samples, because the difference between the samples was not in color or saturation, but in brightness. This difference could not be eliminated simply by modifying the illumination. Characteristically, the spectra of the green teas were a set of curves more alike than the transmittance curves of the black teas. Generally, the transmission curves of the green teas differed in the extent of light transmission, but they were almost parallel. However, in the case of black teas, there were several variations in terms of color stimuli, the spectra crossed each other. Instrumental color measurements have also confirmed the assumption that the color parameters of teas change relatively quickly, so it is advisable to carry out the tests as soon as possible after the preparation of the tea infusion.

5. Summary

In summary, it is possible, in the case of beverages prepared from tea plants of different origin (*Camellia sinensis* L.), to partially or completely hide the visual perception differences between sample pairs with certain color stimulus differences by color masking the minimum detectable threshold specified for judges with normal vision and by determining the spectral characteristics. As a result, under perfect masking illumination, expectation errors due to perception do not distort the judging of other organoleptic properties of tea beverages (smell, taste and mouth coating). Partial masking eliminates color differences in many cases and increases the decision time of the judges 4- to 8-fold, but differences in brightness are still noticeable. Based on the results of the research, it is recommended that the instrument is further developed by splitting its test area into parts. In the individual spaces thus formed, the luminous intensity of the LED types can be adjusted from the software in order to achieve the same color stimulus effect at each relative control value.

The results can be immediately utilized in international, domestic and accredited food testing practices of organoleptic tests, as they help to ensure that other organoleptic characteristics of the food under examination are not influenced by its visual properties. By the color masking of the spectrally adjustable measuring station and the application of the sensory judging panel, spectral characteristics can be determined in a product-specific way for other food and product types (ketchups, barbecue sauces, mustards, yo-

gurts, white, rosé and red wines, beers, milk chocolates, liquid eggs, etc.).

6. Acknowledgement



This research was supported by the János Bolyai Research Fellowship and the ÚNKP-18-4 New National Excellence Program of the Ministry of Human Capacities. Ákos Nyitrai would like to thank the Doctoral School of Food Science.

7. References

- [1] MSZ ISO 6658:2018 Érzékszervi vizsgálat. Módszertan. Általános útmutató
- [2] MSZ EN ISO 8586:2014 Érzékszervi vizsgálat. Általános útmutató a kiválasztott bírálók és az érzékszervi szakértő bírálók kiválasztásához, képzéséhez, valamint folyamatos ellenőrzéséhez (ISO 8586:2012 2014-06-15-i helyesbített változat)
- [3] MSZ ISO 11037:2014 Érzékszervi vizsgálat. Irányelvek a termékek színének érzékszervi bírálatára
- [4] Ming, T., 1992. A revision of *Camellia* sect. *Thea*. *Acta Botanica Yunnanica*. 14 (2), 115-132.
- [5] Mondal, T. K. (2014): Breeding and Biotechnology of Tea and its Wild Species New Delhi: Springer India.
- [6] Velich, I., Nagy, E. (1983): Nálunk is megterem. *Históriák és tanácsok egzotikus gyümölcs- és fűszernövények neveléséhez* Budapest, Mezőgazdasági Kiadó, 84. p.
- [7] Min, T., Bartholomew, B. *Theaceae: Flora of China* 12, 364-366. http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=10882 (Hozzáférés / Aquired 15.10.2019)
- [8] Pettigrew, J. (2007): *Ínyencek kézikönyve - Tea*. London: Apple Press.
- [9] Kiss, M. (2007): *Teakalauz. A tea kultúrtörténete*. Budapest, HVG könyvek.
- [10] Williges, U. (2004): Status of organic agriculture in Sri Lanka with special emphasis on tea production systems (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze). *Fachbereich Pflanzenbau der Justus-Liebig-Universität Gießen*.
- [11] Gaylard, L. (2015): *Nagy teakönyv*. HVG Kiadó Zrt. Budapest, pp. 224.
- [12] FAO (2018): Current market situation and medium term outlook. The Twenty-third Session of the Intergovernmental Group on Tea 17/05/2018 - 20/05/2018 (Hangzhou, China) p. 1-16.
- [13] Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009): *Tea and Tea-Like Products Food Chemistry* (pp. 951-958). Berlin: Springer-Verlag
- [14] Ahmed, S., Stepp, J. (2012): *Green Tea: The Plants, Processing, Manufacturing and Production*. Tea in Health and Disease Prevention.
- [15] Zhen, Y.S. (2002): *Tea: Bioactivity and Therapeutic Potential*. Taylor and Francis, London. *Medicinal and Aromatic Plants - Industrial Profiles*.
- [16] Kumar, N., Titus-Ernstoff, L., Newcomb, P.A., Trentham-Dietz, A., Anic, G. and Egan, K. M. (2009): Tea consumption and risk of breast cancer. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*, 18(1), 341-345.
- [17] Schuh, C., & Schieberle, P. (2006): Characterization of the key aroma compounds in beverage prepared from Darjeeling black tea: Quantitative differences between tea leaves and infusion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (3), 916–924.
- [18] Lee, J., Chambers, D. H. (2009): Sensory descriptive evaluation: brewing methods affect flavour of green tea. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2(04), 427-439.
- [19] Chen, Z.M., Wang, H.F., You, X.Q. and Xu, N. (2002): The chemistry of tea nonvolatiles. In: *Tea bioactivity and therapeutic potential*, Zhen Y.S. Chen Z.M., Cheng, S.J., Chen M.L. (Editors), 57-88. Taylor & Francis, New York, NY, USA.
- [20] Choi, S.H. (2002): *Korean Tea, World Tea: Get to Know and Drink*. JungAng Publisher, Seoul, Korea (in Korean).
- [21] Yaminishi, T. (1990): Bitter compounds in tea. In: *Bitterness in foods and beverages; developments in food science* 25, Rousseff R. L. (Editor), 160-167. Elsevier Science Publishing Company Inc., New York, NY, USA.
- [22] Ukers, W.H. (1935): *All about tea. The tea and coffee trade journal company*, New York.
- [23] Nakagawa, M. (1975): Contribution of green tea constituents to the intensity of taste element of brew. *Nihon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 22, 59-64.
- [24] Lee, M.G., Lee, S.W., Kim, S.S., Lee, S.H. and Oh, S.L. (1989): Changes in tasting constituents (tannin, free sugar, total nitrogen) of green tea by leaching condition. *Korean Journal of Dietary Culture*, 4 (4), 411-416.
- [25] Kwon, I.B., Lee, S.Y., Woo, S.K., Lee, C.Y. and Suh J.G. (1990): A study on the determination of caffeine in coffee, black tea and green tea by high performance liquid chromatography. *Korean Journal of Food Hygiene*, 5, 213-218.
- [26] Hara, Y. (2001): *Green tea: health benefits and applications*. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL USA
- [27] Jang, M.J., Ha, H.J., Yoon, S.R., Noh, J.E. and Kwon, J.H. (2006): Prediction of optimal leaching conditions for green tea. *Journal of Korean Society of Food Science and Nutrition*, 35 (6), 747-753.
- [28] Lee, S.M., Chung, S.J., Lee, O.H., Lee, H.S., Kim, Y.K. and Kim, K.O. (2008): Development of sample preparation, presentation procedure and sensory descriptive analysis of green tea. *Journal of Sensory Studies*, 23, 450-467.
- [29] MSZ EN ISO 5492:2009 Érzékszervi vizsgálatok. Szakszótár (ISO 5492:2008), MSZ EN ISO 5492:2009/A1:2017 Érzékszervi vizsgálat. Szakszótár. 1. módosítás (ISO 5492:2008/Amd 1:2016)
- [30] MSZ 9620:1990 Fénytechnikai terminológia.
- [31] MSZ ISO 11132:2013 Érzékszervi vizsgálatok. Módszertan. Általános irányelvek a leíró vizsgálatot végző bírálóbizottság teljesítményének mérésére.
- [32] Carpenter, R.P., Lyon, D.H., Hasdell, T.A. (2012): *Guidelines for sensory analysis in food product development and quality control*. Springer Science & Business Media,.
- [33] Sipos, L., Király, I., Bábel, L., Kókai, Z., Tóth, M. (2011): Role of sight in flavour perception: Sensory assessment of apple varieties by sighted and blind panels. *Acta Alimentaria*, 40 (1) pp. 198–213.
- [34] Hough, Guillermo (2010): *Sensory shelf life estimation of food products*. Crc Press, 2010.
- [35] ISO 16657:2006 Sensory analysis – Apparatus – Olive oil tasting glass
- [36] Moskowitz, Howard R., Jacqueline H. Beckley, and Anna V. A. Resurreccion (2012): *Sensory and consumer research in food product design and development*. John Wiley & Sons.
- [37] Rogers, Lauren, (ed.) (2017): *Discrimination Testing in Sensory Science: A Practical Handbook*. Woodhead Publishing.
- [38] MSZ ISO 3103:1991 Teafőzet-készítés érzékszervi vizsgálatához.
- [39] MSZ EN ISO 4120 MSZ EN ISO 4120:2007 Érzékszervi vizsgálat. Módszertan. Háromszögpróba (ISO)
- [40] Dominek, M. (2017): *Világító doboz tervezése és kalibrációja*. BME, MOGI, szakdolgozat. pp. 1-49.
- [41] Koren, D., Hegyesné Vecseri, B., Kun-Farkas, G. Urbin, Á., Nyitrai Á., Sipos, L. (2020): How to objectively determine the color of beer? *J Food Sci Technol*. 57 (1) 1-7.
- [42] Vetrekar, N.T., Gad, R.S., Fernandes, I. (2015): Non-invasive hyperspectral imaging approach for fruit quality control application and classification: case study of apple, chikoo, guava fruits. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (11) 6978–6989.
- [43] Islam, M.N., Nielsen, G., Stærke, S., Kjær, A., Jørgensen B., Edelenbos, M. (2018): Novel non-destructive quality assessment techniques of onion bulbs: a comparative study. *Journal of Food Science and Technology*, 55 (8) 3314-3324.
- [44] Asrey, R., Kumar, K., Sharma, R. R., Meena, M. K. (2019): Fruit bagging and bag color affects physico-chemical, nutraceutical quality and consumer acceptability of pomegranate (*Punica granatum* L.) arils *Journal of Food Science and Technology*, 56 (1): 1-7.



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

Szűcs Viktória¹, Szakál Diana², Balázs Bálint², Dudás Gyula³

Érkezett: 2019. december – Elfogadva: 2020. február

Az élelmiszer-ellátó rendszer – a jelen kihívásai és a jövő tervei

KULCSSZAVAK: élelmiszer-ellátó rendszer, felelősségteljes kutatás és innováció, FOOD 2030, FIT4FOOD2030

1. ÖSSZEFOGLALÁS

Az elkövetkező évtizedekben a demográfiai növekedésből származó fokozódó élelmiszerigény kielégítéséhez elengedhetlenné válik a különböző fenntartható megoldások alkalmazása. A társadalmi és a környezeti változások komoly kihívás elé állítják az összetett, sok szereplőből álló élelmiszer-ellátó rendszert, amelynek tagjai egymásra is jelentős hatással vannak. Az akadályok leküzdéséhez és az élelmiszer-ellátó-rendszer jövőtállóságának biztosításához szükséges alaposan megismerni a jelenlegi, és előre jelezni a jövőben várható helyzeteket. Szükséges vizsgálni a tervezett megoldások esetleges hatásait is. Jelen munkánk e gondolat mentén tekinti át az élelmiszer-ellátó rendszer kihívásait, illetve fenntartható átalakításának irányait.

2. Az élelmiszer-ellátó rendszer definiálása

Az élelmiszerek fontos szerepet játszanak a közösségek összekapcsolásában, a közös értékek kifejezésében és a kulturális hagyományok megőrzésében. A természet, betakarított, feldolgozott, forgalmazott, szállított, tárolt, értékesített, megvásárolt és elfogyasztott élelmiszer összeköti az embereket, a kultúrájukat, a jólétüket, és a bolygó egészségét is [1].

Az élelmiszer-ellátó rendszer meghatározására az Egyesült Nemzetek Szervezete (ENSZ) globális élelmiszer- és táplálkozásbiztonsággal foglalkozó magas szintű munkacsoportja (*High Level Task Force on Global Food and Nutrition Security*) az alábbi konszenzuson alapuló definíciót alkotta meg 2015-ben: „Az élelmiszer-ellátó rendszer minden olyan elemet (környezet, emberek, inputok, folyamatok, infrastruktúra, intézmények, piacok és kereskedelem) és tevékenységet magában foglal, amely hatással van az élelmiszerek termelésére, előállítására, disztribúciójára, elkészítésére és fogyasztására, beleértve ezen tevékenységek társadalmi-gazdasági és környezeti hatásait” [2].

Az elmúlt 100-200 év során kialakult modern, iparosított rendszerek több résztvevőből (elemből) állnak, folyamataik hosszabbak, a velük szemben alternatívát nyújtó megoldások pedig kevesebb szereplős, úgynevezett rövid ellátási láncokat alkotnak. A fejlett országokban a hosszú ellátási láncok dominálnak,

amelyek az előállítási volumen növelése, ezáltal pedig az egységköltségek csökkentése céljából a termőföldtől az asztalig terjedő szereplők kapcsolatrendszerét alkotják [3] (1. ábra).

3. Az élelmiszer-ellátó rendszer kihívásai

Előrejelzések alapján a Föld 2019-ben 7,7 milliárd főre becsült lakossága 2030-ra elérheti a 8,5 milliárdot, 2050-re a 9,7 milliárdot, 2100-ra akár 10,9 milliárdra is nőhet [5]. A legjelentősebb népességnövekedés a fejlődő országokban várható, ahol valószínűleg az életszínvonal és a jövedelmek is emelkednek majd. Ugyanakkor a jobb életkörülmények várhatóan magasabb állatifehérje- (hús és húskészítmények, tej és tejtermékek), növényiolaj- és feldolgozott élelmiszer-fogyasztást fognak eredményezni [6]. Fenti okok miatt a Föld népességének megfelelő mennyiségű és minőségű élelmiszerrel történő ellátása már most is számos kihívás elé állítja a jelenleg működő rendszert.

Az élelmiszer-ellátó rendszert érintő egyik legkomolyabb kihívás a táplálkozással összefüggő betegségek magas aránya. A helyzet súlyosságát mutatja, hogy a világon egyszerre van jelen a túl- és alultápláltságból eredő egészségkárosodás. Az Egészségügyi Világszervezet (*World Health Organization, WHO*) adatai alapján 2014-ben a Földön 1,9 milliárd ember szenvedett túlsúlytól vagy elhízástól, miközben 462 millió ember számított alultápláltnak.

¹ Nemzeti Agrárgazdasági Kamara

² Környezeti Társadalomkutatók – ESSRG Kft.

³ Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ – Agrárgazdasági Kutatóintézet

Az elhízás előfordulása az 1980-as évek óta számos országban megháromszorozódott, és egyre jellemzőbb a gyerekek és fiatalok körében egyaránt. További problémát jelent, hogy mind a túlsúly, mind az elhízás az éves szinten 41 millió ember haláláért felelős, nem fertőző betegségek kialakulásának egyik legkomolyabb kockázati tényezőjeként definiálható. Ezen belül a szív- és érrendszeri megbetegedések 17,9, a rákos megbetegedések 9,0, a légzőszervi megbetegedések 3,9, míg a cukorbetegség szövődményei 1,6 millió ember halálához vezetnek minden évben [7]. A nem megfelelően összeállított étrend jelentősen hozzájárul az említett betegségek kialakulásához. A fejlett országokban élő lakosság étrendjét a túlzott hús-, cukor-, zsiradék-, valamint energia-bevitel, illetve a kis mennyiségű teljes gabona-, zöldség- és gyümölcsfogyasztás jellemzi. A fenntartható étrendre történő áttérést számos, eddig kevésbé vizsgált viselkedési tényező is befolyásolja. Eker és társai [8] szerint a társadalmi normák (például a vegetarizmus elfogadottsága a társadalomban) megkönnyíthetik a növényi diétára történő áttérést. Az élelmiszerek termelésének, előállításának módja, fajtája, szállítása, elérhetősége, beszerzése és elfogyasztása mind-mind hatást gyakorol a fogyasztók táplálkozási szokásaira, étrendjére.

A **természeti erőforrások** károsodása, sérülése és kimerülése jelentős, ezek mérséklése, megszüntetése kihívásokkal teli feladatok elé állítja a jövőben a tudományt és az emberiséget egyaránt. Az üvegházhatású gázok kibocsátása 1990 és 2016 között 31,2%-kal növekedett. A kibocsátásban jelenleg legfőképpen az energiaellátás (34%), az ipar (22%), a közlekedés (14%) és a mezőgazdaság (13%) [9] szektorai érintettek. Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (*European Environment Agency, EEA*)

adatai alapján Európában a mezőgazdaság használja a legnagyobb mennyiségű vizet (40%), amelyet az energiatermelés (28%), a bányászat és a feldolgozás (18%) követ, míg a maradék a háztartásokban kerül felhasználásra [10]. A talajromlás folyamatában komoly szerepet játszik az intenzív mezőgazdaság, a megnövekedett ipari tevékenység és a városok terjeszkedése [11]. A biodiverzitást elsősorban az arra közvetlenül hatást gyakorló ágazatok befolyásolják, vagyis a mezőgazdaság, a bányászat, a fakitermelés, valamint a vízgazdálkodás és a halászat [12].

Az élelmiszer-ellátó rendszer komoly kihívásokkal küzd a természeti erőforrások felhasználásával kapcsolatban is. Becslések alapján a globális **biodiverzitás-csökkenés** 60%-áért, az üvegházhatású gázok kibocsátásának 24%-áért, a talaj minőségromlásának 33%-áért, a túlhalászat 61%-áért, illetve az édesvíztartó rétegek kimerítésének 20%-áért az élelmiszer-ellátó rendszer tehető felelőssé [1].

Annak ellenére, hogy a táplálkozási szokások és a természeti gyakorlatok szerte a világon jelentős eltéréseket mutatnak, napjainkban az emberiség élelmiszerigényének 95%-át mindössze harminc növényfaj fedezi. Mindez kedvezőtlen hatással van a talaj minőségére, a fajok sokféleségére és az ökoszisztéma ellenálló képességére egyaránt. Görögországban például a helyi gabonafajták 95%-a eltűnt, míg Olaszországban annak ellenére, hogy a 19. század elején írt kézikönyvek még száz almafajtát ismertettek, napjainkra a termesztés 80%-át alig három típus adja. Hasonló a helyzet az állattenyésztés terén: azok az állatfajták, amelyek gyorsabb növekedésre képesek, háttérbe szorítják a lassabban növekvő helyi fajtákat [13].

Az EU hetedik környezetvédelmi cselekvési programja (1386/2013/EU) [14] a tengervédelmi stratégiáról szóló keretirányelvvvel (2008/56/EK) [15] közösen célul tűzte ki a tengerek élővilágának és vízének környezeti állapot-javítását. A hatékony beavatkozás sürgős, mivel jelenleg a tengeri hal- és kagylóállomány 67%-a nem felel meg a jó környezeti állapot előírásainak (*Good Environmental Status, GES*; halászat okozta pusztulás, szaporodási kapacitás). A tengeri élővilág állapotának tekintetében Európa-szerte jelentős eltérések tapasztalhatók. Annak ellenére, hogy bizonyos területeken az elmúlt években javulás mutatkozik (például az Atlanti-óceán és a Balti-tenger esetében), más területeken (például Földközi-tenger és Fekete-tenger) a túlhalászás miatt a helyzet továbbra is kritikusnak számít [16].

A természeti erőforrások felhasználásának és az üvegházhatású gázok képződésének egyik felelőse az élelmiszer-előállítás. Az alapanyagtermelés és -feldolgozás, valamint az élelmiszerek eljuttatása a fogyasztók asztaláig 2013-ban az Európai Unió teljes energiafogyasztásának 26%-át kötötte le. Az élelmiszer-ellátó rendszer energiafelhasználás és üvegházhatású gáz-képződés szempontjából legkiemelkedőbb eleme a mezőgazdaság – beleértve a növénytermesztést és az állattartást –, amely a rendszer teljes energiafelhasználásának közel egyharmadát köti le, míg az üvegházhatású gázok képződésének 15-29%-áért felelős. Az élelmiszer-feldolgozás a rendszer energiafelhasználásának 28%-át igényli. Más csoportosítás szerint a mezőgazdasági termelés utáni tevékenységek, vagyis a feldolgozás, a logisztika és a csomagolás együtt már az ellátási lánc működéséhez szükséges energiafelhasználás felét igénylik. A termékek elhasználását követő tevékenységek (például az élelmiszer-hulladék megsemmisítése) a rendszer energiafelhasználásának alig 5%-át kötik le [17, 6].

Az Élelmiszerügyi és Mezőgazdasági Világszervezet (*Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO*) becslése alapján 2007-ben a világon „elsődleges termékegyenértékben számolva” 1600 milliárd tonna élelmiszer veszett kárba 2007-ben; ebből a mennyiségből 300 milliárd tonna még ehető lett volna. Összehasonlításképpen ugyanebben az évben a világ élelmiszer- és nem élelmiszer-célokra fordítható teljes mezőgazdasági termelése 6000 milliárd tonna volt [18].

Az élelmiszerpazarlás és -veszteség csökkentését kitűző FUSIONS (*Food Use for Social Innovation by Optimising Waste Prevention Strategies*) -projekt becslése alapján az Európai Unióban az éves pazarlás és veszteség – beleértve az ehető és a nem ehető részeket – 2012-ben összesen 88 millió tonna volt, amely fejenként átlagosan 173 kilogrammot jelent. Összevetve az éves élelmiszer-előállítás mennyiségével elmondható, hogy az unión belül előállított élelmiszerek 20%-a veszendőbe megy. A pazarlás és veszteség több mint fele (53%) a háztartásokban

képződik, amelyet a feldolgozás (19%), a vendéglátás (12%), a mezőgazdaság (11%) és a kereskedelem (5%) követ [19].

Az élelmiszer-ellátó rendszer számos eleme és dimenziója egymással kölcsönhatásban van, így a beavatkozások nem várt eredményeket és mellékhatásokat okozhatnak. Ez azt jelenti, hogy ha megváltoztatjuk az egyik körülményt (például csökkentjük a környezeti nyomást), akkor az valamely más tényezőre is hatást fog gyakorolni (például a foglalkoztatásra vagy a beruházásokra) [20]. A termelési folyamatok hatékonyságának javulása a termékek és szolgáltatások költségsökkenéséhez vezet, amely fogyasztásra ösztönöz (bumerángthatás) [21]. Mindemellett az ellátó-rendszer szereplői eltérő célokkal rendelkeznek, így a beavatkozási pontok tekintetében eltérők lehetnek arra vonatkozó nézeteik is. Ebből az összetettségéből adódóan a termelési folyamatok elemzése, szabályozása és megváltoztatása minden résztvevő számára komoly kihívást jelent [22]. A helyzetet tovább bonyolítja az, hogy a környezeti mozgatórugókat, tendenciákat és hatásokat egyre inkább a globalizáció, míg a fogyasztási szokásokat és az életszínvonalat a hosszú távú megatrendek befolyásolják [21].

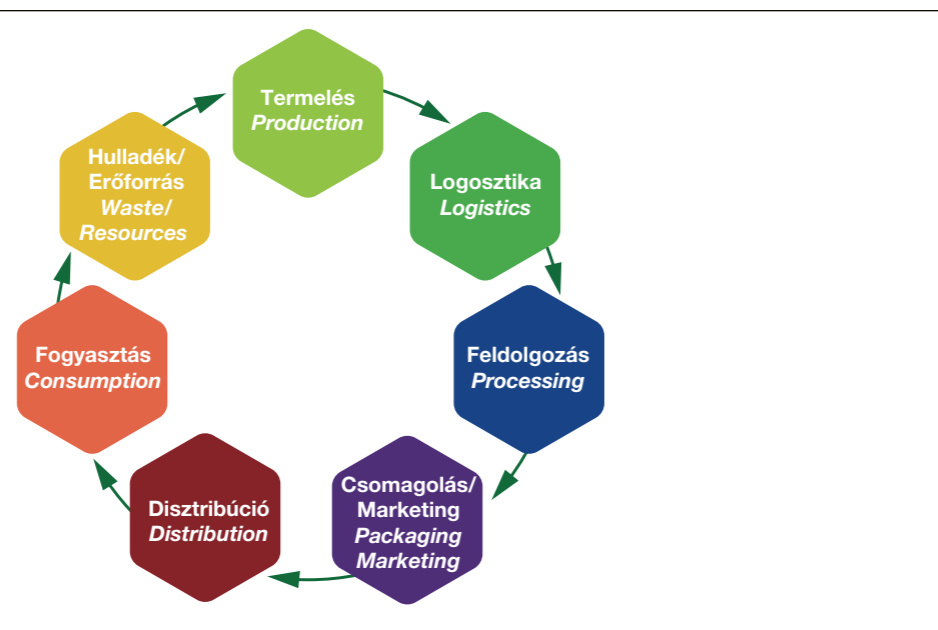
Az élelmiszer-ellátó rendszert érintő kihívások egyértelműen alátámasztják a cselekvés sürgősségét, amely során fenntartható, diverzifikált, versenyképes és rugalmas termelési és fogyasztási rendszer kialakítása szükséges.

4. Az élelmiszer-ellátó rendszerrel kapcsolatos új szemléletek

A rendszer összetettségéből adódóan a közös célok érdekében történő együttműködés a résztvevők közötti konfliktusok megjelenésére adhat okot, amelyekre célszerű kompromisszumos megoldásokat keresni. A kapcsolatokra koncentráva az élelmiszer-rendszerben történő gondolkodás segítségével azonosíthatók a kimenetek okai, kapcsolatai, az ilyen módon létrejövő és kezelhető kompromisszumos helyzetekből pedig kölcsönös előnyök születhetnek. A kapcsolatok egymásra gyakorolt hatásának megértésével az egyes előnyös és káros hatások kezelhetővé válnak, de azonosíthatók lesznek azok a kulcsfontosságú intézkedések is, amelyek több szinten, több szakpolitikai cél esetében fejthetik ki kedvező hatásukat [3].

4.1. Rendszerben történő gondolkodás

Élelmiszerek tekintetében nem újkeletű, ám az elmúlt években egyre népszerűbb a rendszerben történő, illetve a transzdiszciplináris gondolkodás. Az élelmiszerrendszerben történő gondolkodás összeköti a termelők, a feldolgozók, a forgalmazók, a kereskedők és a fogyasztók tevékenységét az élelmiszer-biztonsággal, a szociális- és környezeti hatásokkal; ilyen módon tekinti azokat szociális, politikai, gazdasági,



1. ábra. Az élelmiszer-ellátó rendszer főbb elemei
Forrás: Saját szerkesztés Eames-Sheavly et al. [4] alapján
Figure 1. Key elements of the food supply system
Source: Own edition according to Eames-Sheavly et al. [4]

történelmi és környezeti közegbe ágyazódó, dinamikus és egymásra ható tevékenységeknek [23]. Az összetett ellátó-rendszer dinamikájának megértése az átalakítás egyik lényeges mozzanata. Szükséges hozzá az elemek külső és belső tényezőikkel, valamint a teljes rendszerrel kapcsolatos összefüggéseinek és kölcsönhatásainak a felismerése is.

4.2. Felelősségteljes kutatás és innováció

Noha a szakpolitikák szerepe is jelentős, az élelmiszer-rendszerek tudományos alapjainak, kihívásainak és kölcsönhatásainak a megértése és kezelése kulcsfontossággal bír a jövőtállóság biztosításában. A kutatás-fejlesztési környezet változásának köszönhetően napjainkban felerősödött a felelősség-vezérelt folyamatok iránti igény. Egyrészt az innovációs folyamatokat egyre több külső hatás éri, másrészt ezen folyamatok és eredményeik egyre jelentősebben – esetenként negatív irányban – befolyásolják a környezetet. Ennek köszönhetően alakult ki a felelősségteljes kutatás és innováció (*Responsible Research and Innovation*, RRI) irányzata, amely szerint – részben a kedvezőtlen hatások elkerülése érdekében – a tudományos kutatásoknak és innovációknak szükségszerűen felelősség-vezérelté kell válniuk, körültekintően megvizsgálva azok társadalomra, az egyénekre és a természeti környezetre gyakorolt hatásait [24]. Vagyis a felelősségteljes kutatás és innováció az aggodalmakból és bizonytalanságokból adódóan az etikai, a társadalmi és a környezeti vonatkozásokat is magában foglalja [25] (2. ábra). A szemlélet népszerűségét mutatja, hogy az Európai Unió tudományos és technológiai politikájában egyre gyakrabban jelenik meg [26].

5. A fenntarthatóságra irányuló nemzetközi kezdeményezések

Az élelmiszer-ellátó rendszert érintő kihívások nem oldhatók meg pusztán önmagukban, hiszen az őket integráló rendszer csak egy a társadalmat kiszolgáló többféle struktúra-típus közül, ezért nem módosítható anélkül, hogy az ne lenne hatással az egyéb rendszerekkel fennálló szoros kapcsolatára. A nemzetközi szinten elindult fenntarthatóságra való törekvési kezdeményezések többsége éppen ezért átfogó célokat fogalmaz meg, amelyek megvalósítása az élelmiszer-ellátó rendszer működésére is hatást gyakorol. Ezekre a törekvésekre épülve ugyanakkor korábban már elindultak speciálisan az élelmiszer-ellátó rendszer megreformálására irányuló kezdeményezések. A továbbiakban néhány átfogó, és speciálisan az élelmiszer-ellátó rendszerre vonatkozó kezdeményezést mutatunk be.

5.1. ENSZ – Agenda 2030 keretrendszer és a fenntartható fejlődési célok

Az Egyesült Nemzetek Szervezete (ENSZ) 193 tagállama 2015 szeptemberében fogadta el a 2015 és 2030 közötti időszakra vonatkozó új integrált fenntartható fejlődési és fejlesztési keretrendszert, az Agenda 2030-at (*Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*), amely a szegénység megszüntetéséhez, az egyenlőtlenségek leküzdéséhez, Földünk környezeti rendszerének megóvásához vázol fel elképzeléseket. Az Agenda középpontjában a Fenntartható Fejlődési Célok (*Sustainable Development Goals*, SDG) állnak. A 17 célt és a hozzájuk tartozó 169 részecelt a fenntarthatóság

három alappilléreinek (gazdaság, környezet és társadalom) előmozdítását szem előtt tartva dolgozták ki a szakemberek az előttünk álló kihívások leküzdésének, élőhelyünk, gazdaságunk és életünk javításának az érdekében [28, 29]. A célok több, az élelmiszer-ellátó rendszert is érintő részecelt tartalmaznak, ilyenek például az éhezés megszüntetése, az élelmiszezbiztonság és a kiegyensúlyozott táplálkozás megteremtése, valamint a fenntartható mezőgazdaság támogatása [28].

5.2. Párizsi éghajlatvédelmi egyezmény

A 2015 decemberében elfogadott és 2016. november 4-én hatályba lépett párizsi éghajlatvédelmi egyezményben az ENSZ éghajlat-változási keretegyezményének (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC) tagjai vállalták az üvegházhatású gázok kibocsátásának a mérséklését, a globális felmelegedéshez történő alkalmazkodást, valamint a vonatkozó pénzáramlások átláthatóságát [30]. A globális szintű kibocsátás-szabályozás kapcsán a megállapodás csak közvetve utal annak mértékére, ütemezésére, mivel csak azt rögzíti, hogy a globális melegedésnek az iparosodás előttihez képest jóval +2 °C alatt kell maradnia, és erőfeszítéseket kell tenni azért, hogy ez már +1,5 °C-nál korlátozható legyen. Mindemellett el kell érni, hogy a globális kibocsátás növekedése minél hamarabb megálljon, majd ezt követően lehetőség szerint a 21. század második felében csökkenjen is [31]. A megállapodás végrehajtásának helyzetét a tervek szerint rendszeresen áttekintik, először 2023-ban, majd azt követően ötvenként. Az egyezményhez kapcsolódó emissziócsökkentésre vonatkozó szabályrendszert – amely meghatározza, hogy a tagországoknak milyen ütemterv szerint kell elérniük a 2015-ös párizsi klímaegyezményben megfogalmazott célokat – 2018 decemberében fogadták el a Katowicében tartott ENSZ klímakonferencián. A megállapodást 2019 októberéig az egyezmény 197 tagja közül 186 ratifikálta, ugyanakkor Oroszország nem csatlakozott hozzá, az Egyesült Államok pedig 2017-ben bejelentette kilépését.

5.3. Hetedik környezetvédelmi cselekvési program

Az Európai Unió környezetvédelmi politikáját az 1970-es évek közepe óta meghatározott időszak alatt elérendő és kiemelt célkitűzéseket meghatározó cselekvési programot irányítják. A 2020-ig szóló jelenlegi, hetedik programot 2013 novemberében fogadta el az Európai Parlament és az Európai Unió Tanácsa. A mostani környezetvédelmi cselekvési programban (*Environmental Action Programme*, EAP) az Unió arról állapodott meg, hogy fokozza erőfeszítéseit a természeti tőke védelme, az erőforrás-hatékony, alacsony szén-dioxid kibocsátásra épülő növekedés és innováció ösztönzése, valamint az emberi egészség és jólét megóvása érdekében úgy, hogy közben tiszteletben tartja a Föld erőforrásainak korlátait [32]. Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség jelentése alapján a hetedik környezetvédelmi cselekvési prog-

ram (1386/2013/EU) [14] célkitűzéseinek eléréséhez célszerű a tartósan megvalósítható, rendszerszintű környezeti kihívások kezelésének integrált megközelítése felé elmozdulni, amelynek része a meglévő szemléletmód, valamint a termelési és a fogyasztási struktúra átalakítása [21].

5.4. EAT-Lancet Bizottság ajánlása

Az élelmiszer-ellátó rendszer egyszerre képes az egészséges táplálkozás és a környezetileg fenntartható élelmiszertermelés potenciális szolgáltatóra, a jelenlegi trendek azonban veszélyeztetik ezeknek a céloknak a megvalósulását. Ezen kihívásra válaszul dolgozta ki a változást sürgető táplálkozási javaslatát a 16 ország 37 szakértőjéből álló EAT-Lancet Bizottság, amelynek fókuszában a környezeti fenntarthatóság és az egészséges táplálkozás áll. A 2019-ben publikált tanulmányukban javasolt referencia étrendet környezeti és táplálkozási szempontból egyaránt „win-win” megoldásnak tartják: ez elsősorban növényi alapú étrendet takar minimális állati eredetű élelmiszer fogyasztása mellett. Mindemellett arra ösztönzik a világ országait, hogy a mennyiségi termelés helyett a minőségi élelmiszereket eredményező tevékenységeket részesítsék előnyben, a veszteségek szintjének minimalizálása mellett [17].

5.5. FOOD 2030 stratégiai keretrendszer

A 2015-ben indult FOOD 2030 program az EU kutatás-fejlesztés és innovációs politikájának válasza (stratégiai terve) a közelmúltbeli nemzetközi politikai fejleményekre, ideértve a már említett Fenntartható Fejlődési Célokat és a párizsi egyezmény kötelezettségvállalásait. Az élelmiszer-ellátási rendszer átalakítására irányuló kutatás-fejlesztés és innovációs stratégiai terv fő elemei az egészséges és fenntartható táplálkozás, az éghajlati és környezeti fenntarthatóság, a körforgás és erőforrás-hatékony, valamint az innováció és a közösségek megerősítése (3. ábra). Fontos cél a civilizációs betegségek, valamint energiahatékony és rugalmas rendszerek kialakításával az üvegházhatású gázok kibocsátásának felére csökkentése a társadalmi bizalom és részvétel fokozásával. Mindemellett a FOOD 2030 fontos eleme a munkahelyek számának megőrzése, növelése, a partnerségi kapcsolatok erősítése, a közösségek jelentőségének emelése, valamint az ismeretátadás és az oktatás támogatása. A FOOD 2030 a mindenki számára fenntartható élelmiszer-ellátó rendszert jelent [33].

5.6 FIT4FOOD2030 projekt

A 2017-ben indult hároméves Fit4Food2030 Horizon 2020 projekt célja megoldások keresése az élelmiszer-ellátó rendszer kihívásaira (például éhínség, alultápláltság, elhízás, klímaváltozás, szűkös energiaforrások, hulladék) az Európai Bizottság FOOD 2030 szakmapolitikai keretének támogatásán keresztül a kutatás-fejlesztés és innovációs lehetőségek



2. ábra. A felelősségteljes kutatás és innováció elemei
Forrás: RRI Tools [27]
Figure 2. Elements of responsible research and innovation
Source: RRI Tools [27]

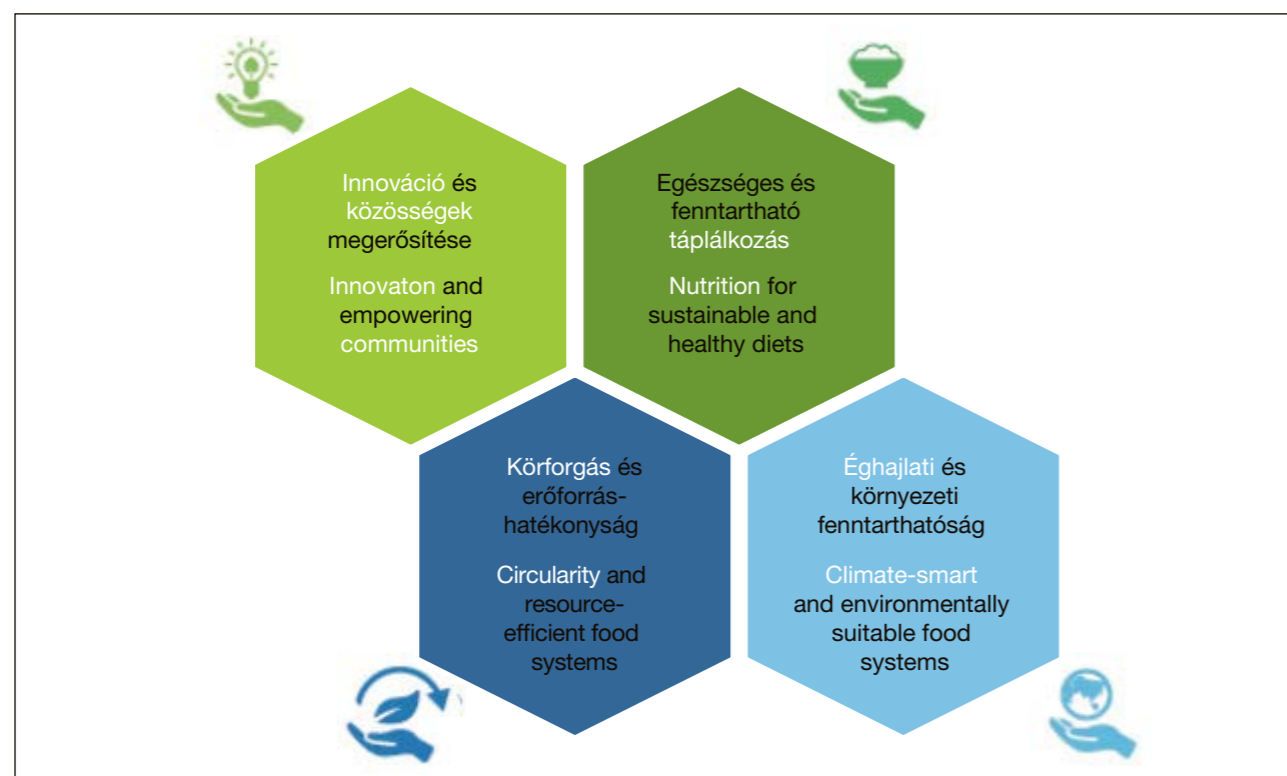
integrálása mellett. A munka részeként betekintést nyerhetünk az élelmiszer-ellátó rendszer működésébe, a kapcsolódó kutatási és innovációs rendszerekbe, kitérési pontokba, illetve a megfelelő vonatkozó gyakorlatokba. A munka további célja a hatékony és célzott kommunikáció, valamint disszeminációs tevékenység révén az érdekelt felek tájékoztatása a projekten túl, ilyen módon maximalizálva az eredmények és a szakmapolitikai ajánlások hatékonyságát. A projektmunka három szinten valósul meg, az „EU Think Tank”, a „Policy Lab-ek” és a „City Lab-ek” szintjén. A „Think Tank” feladata, hogy összekapcsolja az Európai Bizottságot a Food 2030 platform szereplőivel. A „Policy Lab”-ek feladata – a FOOD 2030 prioritásainak figyelembevételével és a releváns érdekelt felek bevonásával – a nemzeti élelmiszer-ellátó rendszer feltérképezése, a cselekvési pontok kijelölése, illetve egy az átalakítást támogató javaslat kidolgozása [34]. Magyarország az Agrárminisztérium, a Nemzetgazdasági Minisztérium és az Emberi Erőforrások Minisztériuma támogatásával sikeresen pályázott a Fit4Food2030 projekt keretein belül létrehozható nemzeti „Food Policy Lab” működtetésére. A hazai „Policy Lab”-et az Agrárminisztérium által jelölt koordinátorok működtetik, a Nemzeti Agrárgazdasági Kamara Élelmiszeripari Igazgatóságának és a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Agrárgazdasági Kutatóintézete kollégáinak a közreműködésével. A „City Lab”-ek részvételi és közös alkotáson alapuló módszerek segítségével oktatási és kompetenciafejlesztő programokat, kurzusokat

fejlesztnek, tesztelnek és hajtják végre, illetve városi szintű hálózatépítő tevékenységeken keresztül járulnak hozzá az élelmiszer-ellátó rendszer transzformációjához. A budapesti „City Lab”-ben folyó munkát az Environmental Social Science Research Group koordinálja.

A magyarországi „Policy Lab” és „City Lab” más régiókkal, országokkal együttműködve aktívan hozzájárul az Európai Unió FOOD 2030 stratégiai keretrendszer fejlődéséhez.

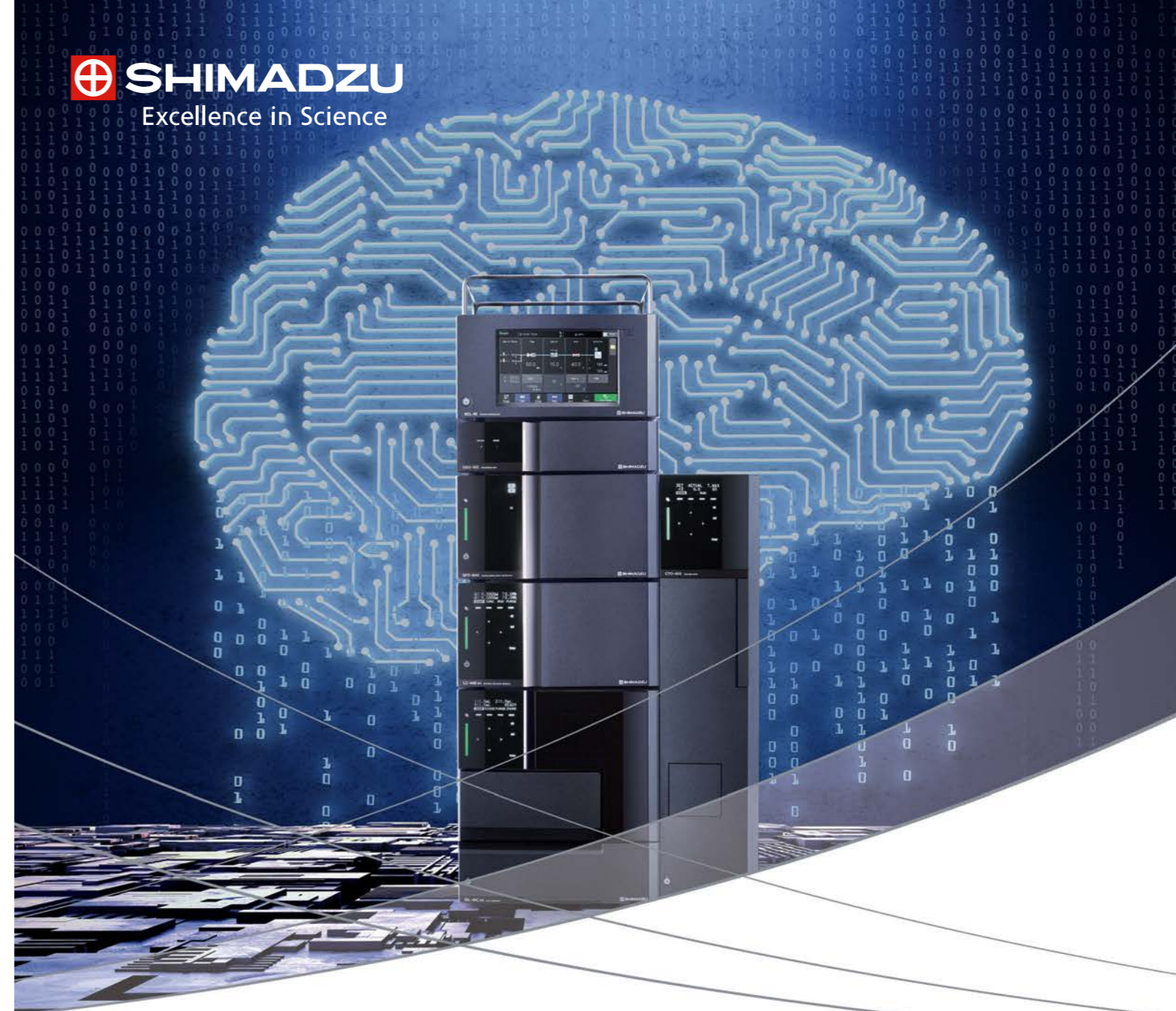
6. Összefoglalás

Az általunk jelenleg ismert élelmiszer-ellátó rendszer 2050-ig gyökeresen megváltozhat. Az új technológiai megoldások jelentős befolyást fognak gyakorolni a termelés és az élelmiszer-előállítás módjára, a termékínátra és a beszerzési csatornára. Napjaink élelmiszer-ellátó rendszere azonban nincs felkészülve a jövőben várható feladatokra. A fenntarthatóság és a rendszer átalakítása érdekében sürgősen cselekednünk kell, mégpedig a rendszerben történő transzdiszplináris gondolkodás megvalósításán és a felelősségteljes kutatás és innováció szempontjainak integrálásán keresztül. Az átalakításhoz támpontot adhat számos nemzetközi cselekvési terv és javaslat, az ahhoz vezető út kijelölésében pedig meghatározó szerepet tölt be a hazai részvétellel zajló FIT-4FOOD2030 projekt, amelynek hazai eredményeiről későbbi cikkeinkben olvashatnak részletesebben.



3. ábra. A Food 2030 stratégia sarokpontjai
 Forrás: Saját szerkesztés a European Commission (2016) [34] alapján
 Figure 3. Cornerstones of the Food 2030 strategy
 Source: Own edition based on European Commission (2016) [34]

SHIMADZU
 Excellence in Science



Az új etalon

A Nexera UHPLC-sorozat – úttörő technológia az intelligencia, hatékonyság és tervezés szempontjából. A fejlett mesterséges intelligencia képességével és laboratóriumi menedzsmenttel a dolgok internete (IoT) elvét felhasználva ellenőrzi a teljesítményt és az erőforrások elosztását, melyek segítségével az új Nexera rendszerek élenjáró és felhasználóbarát megoldásokat kínálnak a sokoldalú iparágak számára, új etalont teremtve az UHPLC-k világában.

Hatékony folyamatautomatizálás, valamint gyors, megbízható teljesítmény az indítástól a leállítáig, biztosítva az automatikus munkafolyamatot, a maximális teljesítményt és a drasztikusan megnövekedett elemzési kapacitást

Kompakt kialakítás könnyű kezelhetőséget kínál csökkentett ökológiai lábnyom mellett

Intelligens automatikus diagnosztika és önhelyreállítási funkciók

pl. valós idejű mozgófázis (folyadék)szint ellenőrzés, automatikus buborékmentesítés, fogyóeszközök kezelése



Nexera
 series

Viktória Szűcs¹, Diana Szakál², Bálint Balázs², Gyula Dudás³

Received: December 2019 – Accepted: February 2020

The food supply system – challenges of the present and plans for the future

KEYWORDS: food supply system, responsible research and innovation, FOOD 2030, FIT4FOOD2030

1. SUMMARY

In the coming decades, in order to meet the increasing food demand resulting from demographic growth, the application of different sustainable solutions becomes indispensable. Social and environmental changes pose a major challenge for the complex food supply system with many stakeholders who also have a significant impact on one another. In order to overcome the obstacles and to ensure the resilience of the food supply system to the future, it is necessary to have a thorough knowledge of the current situation and to be able to forecast future situations. It is also necessary to examine the possible effects of the proposed solutions. It is with these ideas in mind that our present work reviews the challenges of the food supply system and the directions for its sustainable transformation.

2. Definition of the food supply system

Foodstuffs play an important role in connecting communities, in expressing common values and preserving cultural traditions. Food that is grown, harvested, processed, marketed, transported, stored, sold, purchased and consumed connects people, their culture, their well-being and the health of the planet [1].

The food supply system has been defined in different ways, but the following definition, based on consensus, was put forth by the *High Level Task Force on Global Food and Nutrition Security* of the United Nations (UN) in 2015: „A food system is defined as a system that embraces all the elements (environment, people, inputs, processes, infrastructure, institutions, markets and trade) and activities that relate to the production, processing, distribution and marketing, preparation and consumption of food and the outputs of these activities, including socio-economic and environmental outcomes” [2].

The modern, industrialized systems developed over the last 100-200 years are made up of several participants (elements), their processes are longer and the alternative solutions form so-called short supply chains with fewer stakeholders. Developed countries

are dominated by long supply chains, which form a network of stakeholders from farm to fork in order to increase production volumes and thus, to reduce unit costs [3] (Figure 1).

3. Challenges of the food supply system

According to forecasts, the population of Earth, estimated at 7.7 billion in 2019, could reach 8.5 billion by 2030, 9.7 billion by 2050, and could grow to 10.9 billion by 2100 [5]. The most significant population growth is expected to take place in developing countries, where living standards and incomes are likely to increase as well. At the same time, better living conditions are expected to result in a higher consumption of animal protein (meat and meat products, milk and dairy products), vegetable oil and processed foods [6]. For these reasons, supplying the population of Earth with a sufficient quantity and quality food already presents many challenges to the system currently in operation.

One of the most serious challenges facing the food supply system is the high incidence of **food-related illnesses**. The seriousness of the situation is illustrated by the simultaneous presence of health damages due to overnutrition and malnutrition in the world.

According to World Health Organization (WHO) data, 1.9 billion people on Earth were overweight or obese in 2014, while 462 million people were considered malnourished. The incidence of obesity has tripled in many countries since the 1980s, and it is becoming more common among children and young people. Another problem is that being overweight or obese is responsible for the death of 41 million people each year, and can be defined as one of the most serious risk factors for the development of non-communicable diseases. Within this group, cardiovascular diseases cause 17.9 million, cancer 9.0 million, respiratory diseases 3.9 million and the complications of diabetes 1.6 million deaths each year [7]. An inadequate diet contributes significantly to the development of the above diseases. In developed countries, the diet of the population is characterized by an excessive intake of meat, sugar, fat and energy, and low levels of consumption of whole grains, fruits and vegetables. Switching to a sustainable diet is also influenced by many behavioral factors that have not been studied extensively so far. Eker et al. [8] suggests that social norms (such as the acceptance of vegetarianism in society) may facilitate the transition to a plant-based diet. The way foods are grown or produced, their type, transportation, availability, purchase and consumption all have an impact on consumers' eating habits and diets.

The deterioration, damage or depletion of **natural resources** is significant, and reducing or eliminating these processes will pose great challenges for science and mankind in the future. Greenhouse gas emissions increased by 31.2% between 1990 and 2016. Major contributors to the emission are energy supply (34%), industry (22%), transportation (14%) and agriculture (13%) [9]. According to *European Environment Agency* (EEA) data, in Europe, the largest amount of water is used by agriculture (40%), followed by energy production (28%), mining and processing (18%), while the rest is used in households [10]. In the process of soil degradation, major roles are played by intensive agriculture, increased industrial activity and urban sprawl [11]. Biodiversity is primarily affected by the sectors with a direct impact on it, such as agriculture, mining, logging, as well as water management and the fishing industry [12].

The food supply system also faces major challenges in the use of natural resources. It is estimated that the food supply system is responsible for 60% of **global biodiversity loss**, 24% of greenhouse gas emissions, 33% of soil degradation, for 61% of overfishing and 20% of the depletion of freshwater aquifers [1].

Despite significant differences in the dietary habits and cultivation practices around the world, today, only thirty plant species account for 95% of the food needs of mankind. This has an adverse effect on soil quality, species diversity and the resilience of the ecosystem. In Greece, for example, 95% of local cereal varieties have disappeared, while in Italy, al-

though manuals written in the early 19th century still described one hundred varieties of apples, nowadays only three varieties account for 80% of the harvest. The situation is similar in animal husbandry: breeds that are able to grow faster suppress slower growing local breeds [13].

One of the objectives of the Seventh Community Environmental Action Programme of the EU (1386/2013/EU) [14], together with the framework in the field of marine environmental policy (2008/56/EC) [15], is improving the environmental status of marine life and waters. Effective intervention is urgent, because currently 67% of the marine fish and shellfish population fail to comply with *Good Environmental Status* (GES; deaths due to fishing, reproduction capacity). Significant differences exist in the state of marine life across Europe. Despite the fact that there have been improvements in certain areas in recent years (for example, in the case of the Atlantic Ocean and the Baltic Sea), in other areas (for example, the Mediterranean and the Black Sea), the situation remains critical due to overfishing [16].

One of the sectors responsible for the use of natural resources and for the production of greenhouse gases is food production. In 2013, the production and processing of raw materials and the delivery of foodstuffs to consumers' tables accounted for 26% of the total energy consumption of the European Union. The most prominent element of the food supply system in terms of energy use and greenhouse gas production is agriculture, including crop production and animal husbandry, accounting for nearly one third of the total energy use of the system, while also being responsible for 15-29% of greenhouse gas emission. Food processing requires 28% of the system's energy consumption. Using another grouping, post-agricultural activities, that is, processing, logistics and packaging together require half of the energy needed to operate the supply chain. Post-product activities (such as the disposal of food waste) account for less than 5% of the energy consumption of the system [17, 6].

The *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) estimates that, expressed in “primary product equivalent”, 1,600 billion tonnes of food were lost worldwide in 2007; 300 billion tonnes of this would have been still edible. By comparison, total world agricultural production for food and non-food purposes in the same year was 6,000 billion tonnes [18].

The FUSIONS (*Food Use for Social Innovation by Optimising Waste Prevention Strategies*) project, aimed at reducing food waste and loss, estimates that annual wastes and losses in the European Union, including edible and non-edible parts, totaled 88 million tonnes in 2012, which means an average of 173 kilograms per person. Compared to the annual food production, it can be stated that 20% of the food

¹ Hungarian Chamber of Agriculture

² Environmental Social Researchers – ESSRG Kft.

³ National Agricultural Research and Innovation Center – Research Institute of Agricultural Economics

produced within the Union goes to waste. More than half (53%) of the waste and loss is generated in the households, followed by processing (19%), hospital-ity (12%), agriculture (11%) and trade (5%) [19].

Many elements and dimensions of the food supply system interact with each other, so interventions may cause unexpected results and side effects. This means that changing one circumstance (for example, reducing environmental pressure) will also effect another factor (such as employment or investments) [20]. Improvements in the efficiency of production processes lead to a reduction in the post of products and services, which stimulates consumption (boomerang effect) [21]. In addition, stakeholders of the supply system have different goals, so they may have different views regarding the intervention points. Due to this complexity, analyzing, regulating and changing production processes is a major challenge for all participants [22]. This situation is exacerbated by the fact that environmental drivers, trends and impacts are increasingly influenced by globalization, while consumption patterns and living standards are influenced by long-term megatrends [21].

The challenges facing the food supply system clearly confirm the urgency of action to develop a sustainable, diversified, competitive and flexible production and consumption system.

4. New approaches to the food supply system

Because of the complexity of the system, working together to achieve common goals can lead to conflicts between stakeholders for which it is advisable to search for compromise solution. By focusing on relationships, thinking through the food system can identify the causes and relationships of the outcomes, and the resulting compromise situations can be handled well and can be mutually beneficial. Understanding the interplay between relationships will allow the individual benefits and harms to be addressed, while key action that can have a positive impact at multiple levels across a range of policy objectives can also be identified [3].

4.1. Thinking in a system

It is not a new notion in terms of food, but systemic and transdisciplinary thinking has become increasingly popular in recent years. Thinking in a food system links the activities of producers, processors, distributors, traders and consumers with food safety and social and environmental impacts; in this way they are regarded as interacting activities embedded in a social, political, economic, historical and environmental context [23]. Understanding the dynamics of a complex supply system is an essential part of the transformation. It also requires the recognition of the relationships and interactions between the elements and external and internal factors, as well as the entire system.

4.2. Responsible research and innovation

While policies play an important role, understanding and managing the scientific foundations, challenges and interactions of food systems is key to ensuring resilience to the future. As a result of changes in the research and development environment, the need for responsibility-driven processed has increased today. On the one hand, innovation processes are increasingly subject to external influences and, on the other hand, these processes and their results are increasingly, and sometimes negatively, affect the environment. This has led to the development of the *Responsible Research and Innovation* (RRI) approach, according to which, partly to avoid adverse effects, scientific research and innovation necessarily has to become responsibility-driven, carefully examining their impact on society, individuals and the natural environment [24]. In other words, due to concerns and uncertainties, responsible research and innovation also includes ethical, social and environmental aspects [25] (Figure 2). The popularity of this approach is indicated by the fact that it appears more and more frequently in the scientific and technological policies of the European Union [26].

5. International initiatives aimed at sustainability

The challenges facing the food supply system cannot be solved by themselves, since the system that integrates them is only one of several types of structures serving society and so it cannot be modified without affecting its close relationship with other systems. For this reason, most of the sustainability initiatives that have been launched at the international level have comprehensive objectives, the realization of which also have an impact on the food supply system. At the same time, building on these endeavors, specific initiatives to reform the food supply system have already been launched in the past. Below, some comprehensive initiatives specifically addressing the food supply system are presented.

5.1. UN – Agenda 2030 framework and sustainable development goals

In September 2015, 193 member states of the United Nations (UN) adopted the new integrated framework for sustainable development for the period 2015-2030 (*Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*), outlining ideas to eradicate poverty, combat inequalities and to protect the environmental system of our Earth. The Agenda focuses on *Sustainable Development Goals* (SDG). The 17 goals and the corresponding 169 sub-goals have been developed by professionals with the promotion of the three basic pillars of sustainability (economy, environment and society) in mind, to address the challenges ahead and to improve our habitat, economy and life [28, 29]. The goals include several sub-goals that affect the food supply system, such as eradicating hunger, establishing food safety and a

balanced diet, as well as promoting sustainable agriculture [28].

5.2. The Paris Agreement

In the Paris Agreement adopted in December 2015 and entered into force on November 4, 2016, members of the *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) committed to reduce greenhouse gas emissions, to adapt to global warming and to ensure the transparency of relevant cash flows [30]. With respect to global emission regulation, the agreement only indirectly refers to its magnitude and timing, as it only stipulates that global warming should remain well below +2 °C compared to the period before the industrial revolution, and efforts should be made to stop it at +1.5 °C. In addition, global emission growth must be stopped as soon as possible and thereafter should be decelerated in the second half of the 21st century [31]. The state of implementation of the agreement is scheduled to be reviewed regularly, first in 2023 and then every five years. The agreement's set of emission reduction rules, which sets the timetable for member states to meet the targets of the 2015 Paris Agreement, was adopted in December 2018 at the UN Climate conference held in Katowice. By October 2019, the agreement had been ratified by 186 of the 197 members of the Agreement, however, Russia had not acceded to it and the United States had announced its withdrawal in 2017.

5.3. Seventh environmental action programme

Since the mid-1970s, the environmental policy of the European Union has been guided by action programs setting out the priority objectives to be achieved for the given period. The current, seventh program for the period ending in 2020 was adopted in November 2013 by the European Parliament and the Council of the European Union. In the current *Environmental Action Programme* (EAP), the Union has agreed to step up its efforts to protect natural capital, to promote resource-efficient growth and innovation built on low carbon dioxide emission and to protect human health and well-being, while respecting the limits of Earth's resources [32]. According to the report of the European Environment Agency, to achieve the objectives of the seventh Environmental Action Programme (1386/2013/EU) [14], it is advisable to move towards an integrated approach to addressing systemic environmental challenges that is sustainable in the long term, including the transformation of the existing approach and production and consumption structures [21].

5.4. EAT-Lancet Commission recommendation

The food supply system has the potential to serve both healthy nutrition and environmentally sustainable food production, but current trends are jeopardizing the achievement of these goals. In response to

this challenge, the EAT-Lancet Commission, composed of 37 experts from 16 countries, has developed its nutrition recommendation urging change, focusing on environmental sustainability and healthy eating. The reference diet recommended in their study published in 2019 is considered to be a win-win solution from both environmental and nutritional aspects: it is primarily a plant-based diet with minimal consumption of food of animal origin. In addition, countries around the world are encouraged to prioritize activities resulting in quality foods over quantity production, while minimizing losses [17].

5.5. FOOD 2030 strategic framework

Launched in 2015, the FOOD 2030 program is the response (strategic plan) of the EU R&D&I policy to recent international political developments, including the aforementioned Sustainable Development Goals and the commitments of the Paris Agreement. The key elements of the R&D&I strategic plan for reforming the food supply system are healthy and sustainable nutrition, climate and environmental sustainability, circular economy and resource efficiency, as well as strengthening innovation and communities (Figure 3). An important objective is to reduce greenhouse gas emissions and civilization diseases by half by developing energy-efficient and flexible systems, while increasing social trust and participation. In addition, important elements of FOOD 2030 are maintaining and increasing the number of jobs, strengthening partnerships, increasing the value of communities and supporting knowledge transfer and education. FOOD 2030 stands for a sustainable food supply system for all [33].

5.6. Project FIT4FOOD2030

Launched in 2017, the objective of the three-year Fit4Food2030 Horizon 2020 project is to find solutions to the challenges of the food supply system (such as hunger, malnutrition, obesity, climate change, scarce energy, waste) through the support of the European Commission's FOOD 2030 policy frameworks, while integrating R&D&I possibilities. As part of this work, we may gain insight into the functioning of the food supply system, related research and innovation systems, breakthrough points and relevant practices. A further aim of the work is to inform stakeholders beyond the project through effective and targeted communication and dissemination activities, thus maximizing the effectiveness of the results and policy recommendations. Project work takes place at three levels, the EU Think Tank, the Policy Labs and the City Labs. The task of the Think Tank is to connect the European Commission with the stakeholders of the Food 2030 platform. The task of the Policy Labs is to map the national food supply systems, taking into account the priorities of FOOD 2030 and involving relevant stakeholders, to identify action points and to develop a proposal to support the transformation [34]. Hungary, with the support of the Ministry of Ag-

riculture and the Ministry of Human Capacities, has successfully applied for a national Food Policy Lab to be set up within the framework of the Fit4Food2030 project. The Hungarian Policy Lab is run by coordinators nominated by the Ministry of Agriculture, with assistance of colleagues from the Food Directorate of the Hungarian Chamber of Agriculture and the National Agricultural Research and Innovation Center, Research Institute of Agricultural Economics. City Labs use participatory and collaborative methods to develop, test and implement educational and competence development programs, and contribute to the transformation of the food supply system through city-level networking activities. Work at City Lab in Budapest is coordinated by the Environmental Social Science Research Group.

The Hungarian Policy Lab and City Lab, in cooperation with other regions and countries, actively contribute to the development of the European Union FOOD 2030 strategic framework.

6. Summary

The food supply system we currently know may change radically by 2050. New technology solutions will have a significant impact on the ways of cultivation and food production, on the product range and supply channels. However, today's food supply system is not prepared for the tasks ahead. There is an urgent need for action to achieve sustainability and to transform the system, through the implementation transdisciplinary systemic thinking and the integration of responsible research and innovation aspects. Many international action plans and proposals can guide this transformation, and the FIT4FOOD2030 project with domestic involvement plays a crucial role in determining the path to this, the domestic results of which will be discussed in more detail in our later articles.

7. References

- [1] UNEP (2016): Food systems and natural resources. A report of the Working Group on Food Systems of the International. Nairobi, Kenya.
- [2] HLTF (2015): All food systems are sustainable. <https://www.un.org/es/issues/food/taskforce/pdf/All%20food%20systems%20are%20sustainable.pdf> (Hozzáférés / Aquired: 08. 10. 2019)
- [3] Parsons K., Hawkes C. (2018): Connecting food systems for co-benefits: how can food systems combine diet-related health with environmental and economic policy goals? World Health Organisation, Copenhagen.
- [4] Eames-Sheavly M., Hadekel C., Hedstrom A.M., Patchen A., Stewart R., Wilkins J. (2011): Discovering our food system. Cornell University, New York.

- [5] United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division (2019): World population prospects 2019. Highlights. United Nations, New York.
- [6] JRC (2015): Energy use in the EU food sector: State of play and opportunities for improvement. JRC Science and Policy Report. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- [7] WHO (2019): Global Health Observatory data. Geneva, World Health Organization, Geneva.
- [8] Eker S., Reese G., Obersteiner M. (2019): Modelling the drivers of a widespread shift to sustainable diets. *Nature Sustainability* 2 725-735.
- [9] United Nations (2019): Climate action and support trends. United Nations, Bonn.
- [10] EEA (2018): Water is life. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- [11] EEA (2019): Land and soil in Europe. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- [12] CBD (2014): How sectors can contribute to sustainable use and conservation of biodiversity. CBD Technical Series No 79. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague.
- [13] Cook S. (2018): The spice of life: The fundamental role of diversity on the farm and on the plate. Discussion Paper. IIED and Hivos, London and The Hague.
- [14] Az Európai Parlament és a Tanács 1386/2013/EU határozata (2013. november 20.) a „Jólét bolygónk felélése nélkül” című, a 2020-ig tartó időszakra szóló általános uniós környezetvédelmi cselekvési programról. *Az Európai Unió Hivatalos Lapja* L354 171-200.
- [15] Az Európai Parlament és a Tanács 2008/56/EK irányelve (2008. június 17.) a tengeri környezetvédelmi politika területén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról (tengervédelmi stratégiáról szóló keretirányelv). *Az Európai Unió Hivatalos Lapja* L 164 19-40.
- [16] EEA (2018. december 7.): Marine fish stocks. <https://www.eea.europa.eu/airs/2018/natural-capital/marine-fish-stocks>. (Hozzáférés / Aquired: 08. 10. 2019)
- [17] Willett W., Rockström J., Loken B., Springmann M., Lang T., Vermeulen S., Garnett T., Tilman D., DeClerck F., Wood A., Jonell M., Clark M., Gordon L. J., Fanzo J., Hawkes C., Zurayk R., Rivera J. A., De Vries W., Sibanda L. M., Afshin A., Chaudhary A., Herrero M., Agustina R., Branca F., Lartey A., Fan S., Crona B., Fox E., Bignet V., Troell M., Lindahl T., Singh S., Cornell S. E., Reddy K. S., Narain

S., Nishtar S., Murray C. J. L. (2019): Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* 393 447-492.

- [18] FAO (2013): Food wastage footprint. Impacts on natural resources. Summary report. Rome, Italy.
- [19] FUSIONS (2016): Estimates of European food waste levels. Stockholm, Sweden.
- [20] EEA (2017): Food in a green light: A systems approach to sustainable food. EEA Report No 16/2017. EEA, Copenhagen, Denmark.
- [21] EEA (2015): Az európai környezet – Állapot és előzetekintés 2015: Összefoglaló jelentés. Európai Környezetvédelmi Ügynökség, Koppenhága, Dánia.
- [22] Zurek M., Hebinck A., Leip A., Vervoort J., Kuiper M., Garrone M., Havlík P., Heckelei T., Hornborg S., Ingram J., Kuijsten A., Shutes L., Geleijnse J. M., Terluin I., Veer P., Wijnands J., Zimmermann A., Achterbosch T. (2018): Assessing sustainable food and nutrition security of the EU food system-an integrated approach. *Sustainability* 10 (4271) 1-16.
- [23] Kopainsky B., Tribaldos T., Ledermann S.T. (2018): A Food Systems Perspective for Food and Nutrition Security beyond the Post-2015 Development Agenda. *Systems Research and Behavioral Science* 35 (2) 178–190.
- [24] Buzás N., Lukovics M. (2015): A felelősségteljes innováció. *Közgazdasági Szemle*, LXII (április) 438-456.
- [25] Lukovics M., Flipse S. M., Udvari B., Fisher E. (2017): Responsible research and innovation in contrasting innovation environments: Socio-Technical Integration Research in Hungary and the Netherlands. *Technology in Society* 51 172–182.
- [26] Owen R., Macnaghten P., Stilgoe J. (2012): Responsible research and innovation: from science in society to science for society, with society. *Science and Public Policy* 39 751–760.
- [27] RRI Tools (2019): RRI Toolkit <https://www.rri-tools.eu/> (Hozzáférés / Aquired: 08. 10. 2019)
- [28] United Nations (2015): Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. United Nations, New York.
- [29] KSH (2018. június): A fenntartható fejlődési célok és az Agenda 2030 keretrendszer <https://www.ksh.hu/sdg> (Hozzáférés / Aquired: 08. 10. 2019)
- [30] Wei D., Cameron E., Harris S., Prattico E., Scheerder G., Zhou J. (2016) *The Paris Agreement: What it Means for Business. We Mean Business.* New York.
- [31] Faragó T. (2016): A párizsi klímátárgyalások eredményei. *Magyar Energetika* 1 8-12.
- [32] Európai Bizottság (2013): Jólét bolygónk felélése nélkül. A hetedik környezetvédelmi cselekvési program – általános uniós környezetvédelmi cselekvési program 2020-ig. <https://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/7eap/hu.pdf> (Hozzáférés / Aquired: 08. 10. 2019)
- [33] European Commission (2016): European research & innovation for food & nutrition security. Brussels, Belgium.
- [34] Fit4Food2030 (2019): Fit4Food2030. <https://fit4food2030.eu/> (Hozzáférés / Aquired: 08. 10. 2019)

Szalay Anna¹

Nemzeti szabványosítási hírek

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

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

2019. szeptember – 2020. február hónapban bevezetett szabványok:

01.040.67 Élelmiszeripar (Szakkifejezések gyűjteményei)

MSZ ISO 18794:2019* Kávé. Érzékszervi vizsgálat. Szakszótár (kétnyelvű)

07.100.30 Élelmiszer-mikrobiológia

MSZ ISO 17410:2019 Az élelmiszerlánc mikrobiológiája. Horizontális módszer a pszichotróf mikroorganizmusok megszámlálására – Az MSZ ISO 17410:2005 helyett –

13.060 Vízminőség

MSZ EN 16150:2012* Vízminőség. Útmutató a bentikus makrogerinctelenek területarányos multihabitat típusú mintavételéhez, lábalható mélységű vízfolyásokból

MSZ EN ISO 9697:2019 Vízminőség. Összes béta-aktivitás. Vastag rétegű sugárforrások vizsgálati módszere (ISO 9697:2018) – Az MSZ EN ISO 9697:2017 helyett –

MSZ EN ISO 9698:2019 Vízminőség. Trícium. Folyadékszintillációs számlálási vizsgálati módszer (ISO 9698:2019) – Az MSZ EN ISO 9698:2015 helyett –

MSZ EN ISO 13163:2019 Vízminőség. Ólom-210. Folyadékszintillációs számlálási vizsgálati módszer (ISO 13163:2013)

MSZ EN ISO 5667-3:2018* Vízminőség. Mintavétel. 3. rész: A vízminták tartósítása és kezelése (ISO 5667-3:2018)

MSZ EN ISO 5667-14:2017* Vízminőség. Mintavétel. 14. rész: Útmutató a környezeti vízmintavétel és -kezelés minőségbiztosításához és -felügyeletéhez (ISO 5667-14:2014)

MSZ EN ISO 5815-1:2020 Vízminőség. Biokémiai oxigénigény meghatározása n nap után (BOD_n). 1. rész: Hígítósos és oltósos módszer allil-tiokarbamid hozzáadásával (ISO 5815-1:2019) – Az MSZ EN 1899-1:2000 helyett –

67 Élelmiszeripar

67.060 Gabonafélék, hüvelyesek és a belőlük származó termékek

MSZ EN 15587:2019* Gabonafélék és gabonatermékek. A szennyező anyag (Besatz) meghatározása búzában (*Triticum aestivum* L.), durumbúzában (*Triticum durum* Desf.), rozsban (*Secale cereale* L.), tritikálében (*Triticosecale Wittmack* spp.) és takarmányárpában (*Hordeum vulgare* L.)

67.100.10 Tej és feldolgozott tejtermékek

MSZ EN ISO 17678:2019 Tej és tejtermékek. A tejsír tisztaságának meghatározása a trigliceridek gázkromatográfiás analízisével (ISO 17678:2019) – Az MSZ EN ISO 17678:2010 helyett –

67.140.30 Kakaó

MSZ EN ISO 34101-3:2019 Fenntartható és nyomon követhető kakaó. 3. rész: A nyomonkövethetőség követelményei (ISO 34101-3:2019)

MSZ EN ISO 34101-4:2019 Fenntartható és nyomon követhető kakaó. 4. rész: A tanúsítási alrendszerek követelményei (ISO 34101-4:2019)

67.200.20 Olajmagvak

MSZ EN ISO 9167:2019 Repcemag és repcemagdarák. A glükoszínoláttartalom meghatározása. Nagy teljesítményű folyadékkromatográfiás módszer (ISO 9167:2019) – Az MSZ EN ISO 9167-1:2000 helyett –

MSZ EN ISO 21294:2017* Olajmagvak. Kézi vagy automata szakaszos mintavétel (ISO 21294:2017)

MSZ ISO 5506:2020 Szójababtermékek. Az ureázaktivitás meghatározása – Az MSZ ISO 5506:1993 helyett –

67.240 Érzékszervi vizsgálat

MSZ ISO 16820:2020 Érzékszervi vizsgálat. Módszertan. Szekvenciális elemzés – Az MSZ ISO 16820:2015 helyett –

Review of national standardization

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

Published national standards from September 2019 to February 2020

01.040.67 Food technology (Vocabularies)

MSZ ISO 18794:2019* Coffee. Sensory analysis. Vocabulary (bilingual)

07.100.30 Food microbiology

MSZ ISO 17410:2019 Microbiology of the food chain. Horizontal method for the enumeration of psychrotrophic microorganisms – which has withdrawn the MSZ ISO 17410:2005 –

13.060 Water quality

MSZ EN 16150:2012* Water quality. Guidance on pro-rata Multi-Habitat sampling of benthic macroinvertebrates from wadeable rivers

MSZ EN ISO 9697:2019 Water quality. Gross beta activity. Test method using thick source (ISO 9697:2018) – which has withdrawn the MSZ EN ISO 9697:2017 –

MSZ EN ISO 9698:2019 Water quality. Tritium. Test method using liquid scintillation counting (ISO 9698:2019) – which has withdrawn the MSZ EN ISO 9698:2015 –

MSZ EN ISO 13163:2019 Water quality. Lead-210. Test method using liquid scintillation counting (ISO 13163:2013)

MSZ EN ISO 5667-3:2018* Water quality. Sampling. Part 3: Preservation and handling of water samples (ISO 5667-3:2018)

MSZ EN ISO 5667-14:2017* Water quality. Sampling. Part 14: Guidance on quality assurance and quality control of environmental water sampling and handling (ISO 5667-14:2014)

MSZ EN ISO 5815-1:2020 Water quality. Determination of biochemical oxygen demand after n days (BOD_n). Part 1: Dilution and seeding method with allylthiourea addition (ISO 5815-1:2019) – which has withdrawn the MSZ EN 1899-1:2000 –

67 Food technology

67.060 Cereals, pulses and derived products

MSZ EN 15587:2019* Cereal and cereal products. Determination of Besatz in wheat (*Triticum aestivum* L.), durum wheat (*Triticum durum* Desf.), rye (*Secale cereale* L.), triticale (*Triticosecale Wittmack* spp.) and feed barley (*Hordeum vulgare* L.)

67.100.10 Milk and processed milk products

MSZ EN ISO 17678:2019 Milk and milk products. Determination of milk fat purity by gas chromatographic analysis of triglycerides (ISO 17678:2019) – which has withdrawn the MSZ EN ISO 17678:2010 –

67.140.30 Cocoa

MSZ EN ISO 34101-3:2019 Sustainable and traceable cocoa. Part 3: Requirements for traceability (ISO 34101-3:2019)

MSZ EN ISO 34101-4:2019 Sustainable and traceable cocoa. Part 4: Requirements for certification schemes (ISO 34101-4:2019)

67.200.20 Oilseeds

MSZ EN ISO 9167:2019 Rapeseed and rapeseed meals. Determination of glucosinolates content. Method using high-performance liquid chromatography (ISO 9167:2019) – which has withdrawn the MSZ EN ISO 9167-1:2000 –

MSZ EN ISO 21294:2017* Oilseeds. Manual or automatic discontinuous sampling (ISO 21294:2017)

MSZ ISO 5506:2020 Soya bean products. Determination of urease activity – which has withdrawn the MSZ ISO 5506:1993 –

67.240 Sensory analysis

MSZ ISO 16820:2020 Sensory analysis. Methodology. Sequential analysis – which has withdrawn the MSZ ISO 16820:2015 –

For further information please contact Ms Anna Szalay, sector manager on food and agriculture, e-mail: a.szalay@mszt.hu

¹ Magyar Szabványügyi Testület (MSZT)

¹ Hungarian Standards Institution

Hogyan gyártsunk jobb minőségű élelmiszert?

Konkrétabban: milyen anyagok oldódnak ki a csomagolásból az élelmiszerbe? Miért kell rendszeresen vizsgálni a növényvédő szereket és az apró gombák által termelt anyagokat? Hogyan detektálható akár egy napon belül egy mikrobiológiai fertőzés? A Sirha Budapest 2020 kiállításon rendezett konferencián egy élelmiszer-vizsgáló laboratórium szakemberei adtak választ a kérdésekre.

A csomagolóanyagokból kioldódó anyagok esetében Dr. Szigeti Tamás János, a konferenciát szervező WESSLING Hungary Kft. munkatársa elmondta, hogy a technika fejlődésével ma már közismert tény: az élelmiszerekkel érintkezésbe kerülő anyagokból vegyületek kerülnek az élelmiszerekbe. Az anyagátadás, vagyis a diffúzió a csomagolóanyag és az élelmiszer közötti határfelületen történik. Ennek oka az, hogy minden rendszer termodinamikai egyensúlyra törekszik, és ez még az élelmiszerbiztonsággal összefüggő folyamatokban is megmutatkozik. A hőmérséklet függvényében a kioldódás erőteljesebbé válik, gondoljunk csak a napon lévő autóban hagyott üdítőitalokra.

A laboratóriumban az oldatba kerülő komponensek mennyiségét vizsgálják: műanyagok monomerjeit, foto-stabilizátorokat, csúszást segítő anyagokat, a lágyítókat, antioxidánsokat, nyomdafestékeket, fémeket. Ezek az anyagok mind beleoldódhatnak az élelmiszerekbe, és egy átlagos életpálya alatt közel fél kilogrammnyi mennyiséget el is fogyasztunk belőlük. Többek között a műanyagokból származó fluortartalmú szénhidrogének például kifejezetten toxikusak: károsíthatják a vesét, a májat, a pajzsmirigyet, a heréket és a prosztátát, terhesség alatti magas vérnyomást okozhatnak, gyermekeknél pedig immuntoxikus hatásúak lehetnek.

Ugyancsak fontos észrevétel a gyártók és forgalmazók, valamint a fogyasztók számára, hogy a kis kiszerelesű termékekben nagyobb koncentráció alakulhat ki a kioldódó vegyületekből, mint a nagy kiszerelesűekben. Ezért például a kupakkal szemben támasztott követelmények sem azonosak.

A feltekerve tárolt, külső felületükön nyomtatott csomagolóanyagoknál a belső és a külső felület érintkezése szennyezést eredményezhet, ha a termék a nyomtatott felület teljes száradása előtt feltekerik.

Évről évre új kártevők jelennek meg, és évente néhány kilométerrel a sarkok felé vándorolnak – mondta el Kötelesné Suszter Gabriella, szintén a WESSLING Hungary Kft. munkatársa. A sokféle kártevő miatt a mezőgazdaságban a növényvédő szerek széles spektrumát használják fel, egy gyümölcsről akár többféle vegyület is bekerülhet a szervezetünkbe, az adott vegyületek hatása összeadódik (koktéllhatás). Mindemellett a peszticidek maradékai az élelmiszerekben a megengedett határérték felett komoly veszteséget okozhatnak a gyártónak, forgalmazónak.

Éppen ezért elengedhetetlen az élelmiszerek rendszeres vizsgálata a növényvédő szerek szempontjából is. Az úgynevezett screening módszernek köszönhetően a leggyakrabban használt komponensek (akár 500-600-féle vegyület!) egy időben történő mérése is megvalósulhat, ezt az átfogó vizsgálatot egészíti ki a speciális, adott vegyületfajtákat kutató vizsgálat.

A gyorsaság kiemelten fontos a vizsgálatoknál, hiszen a zöldségek, gyümölcsök könnyen romló élelmiszerek. A kártevők között kialakuló, a növényvédő szerekekkel szemben kialakuló - rezisztenciát is figyelembe kell venni, amely akkor alakulhat ki, ha egy bizonyos hatóanyagot ugyanazon a területen, éveken keresztül használják. A növényvédő szereket is fenntartható módon kell tehát felhasználni – egyensúlyban kell lenni a környezettel és az élelmiszer-biztonsággal.

Bíztható, hogy a laboratóriumban eddig megvizsgált mintáknak mindössze néhány százaléka tartalmazott a határérték felett növényvédő szermaradékokat.

A magyar emberek étrendjében nagy súllyal szerepel a gabonafélékből készült ételek fogyasztása. A mikotoxinok (a mikroszkopikus gombák toxinjai) káros élettani hatású szennyezői élelmiszereinknek és a takarmányoknak, azonban csak speciális eszközökkel lehet azokat detektálni.

Ezek a vegyületek rezisztensek a hőre, általános feldolgozóipari eljárásokra vagy éppen a gyomor savtartalmára. A toxinokat az élelmiszerekből eltávolítani nem lehet, így hangsúlyt kap az ellenük való védekezésben a megelőzés, a hatósági intézkedések és a folyamatos monitorozás – hangzott el a konferencián, ahol arról is szó esett, hogy a modern laboratóriumokban bizonyos mikrobiológiai vizsgálatok akár már 24 órán belül is elvégezhetőek, ami jelentős segítséget jelent az élelmiszeripar szereplői számára. A korszerű diagnosztikai eljárások lehetnek molekuláris biológiai (PCR) vagy immunológiai módszerek (VIDAS, SOLUS), illetve mikroba identifikálása MALDI-TOF módszerrel.

A modern genomikai eszközök pedig azt teszik lehetővé, hogy teljes bakteriális genomokat gyorsan és hatékonyan analizálhassanak, illetve a bennük található genetikai markerek alapján a mikrobákat összehasonlíthassák – mondta el Dr. Micsinai Adrienn, a többek között molekuláris biológiai és GMO-vizsgálatokat is végző BIOMI Kft. vezetője. Ezek az összehasonlító eszközök (teljes genom és mag-genom MLST - Multilocus Sequence Typing, illetve SNP - Single Nucleotide Polymorphism analízis) segíthetnek a fertőzések forrásának felderítésében, a gyökérok feltárásában, ezáltal is hozzájárulva a biztonságosabb élelmiszer-előállításához.

A világ egyik legjelentősebb gasztronómia seregszemléje, a Sirha Budapest prémium nemzetközi élelmiszeripari és HoReCa szakkiállítás 2020-ban február 4. és 6. között várta a szakembereket a HUNGEXPO

Budapest Kongresszusi és Kiállítási Központban, itt rendezték a Magyar Bocuse d'Or Akadémia a szakácsverseny magyar döntőjét is. A WESSLING Hungary Kft. Magyarország vezető vizsgálólaboratóriuma, az elmúlt évtizedekben közel kétfélmillió vizsgálatot végeztek el a legkülönbözőbb területeken: GMO-vizsgálatok, növényvédőszerek, mikotoxinok jelenléte az élelmiszerekben, káros anyagok kioldódása a csomagolóanyagokból, mikrobiológia.

A SIRHA kiállításon rendezett konferencia célja az volt, hogy a szakemberek hasznos tanácsokat adjanak az élelmiszeripar szereplőinek.

Tovább bővül a QualcoDuna program

Nagy érdeklődés mellett zajlott le a QualcoDuna jártassági vizsgálat tavalyi évet értékelő éves zárókonferenciája Budapesten, január végén az Aquaworld hotelben. A több mint 50 éves program 2020-ban ismét új lehetőségeket kínál a résztvevőknek.

A körvizsgálatok azt igazolják, hogy a partnerek megbízhatnak az adott laboratóriumban. A jártassági vizsgálatot végző szervezet segít abban, hogy a labor bebizonyíthassa a partnerének: kompetens az adott területen - mondta el Rikker Tamás, a QualcoDuna programot működtető WESSLING Nonprofit Kft. vezetője a 17 043-as szabvány bevezetőjét idézve.

Hozzátette, hogy a sikeres körvizsgálatokhoz szükséges az akkreditáló szervezetek támogatása, szabályozása, hogy kijelöljék, meghatározzák, pontosan miben is kell megfelelni. Egy körvizsgálattal mindemellett számos szakmai problémára is megoldás születhet, ki lehet próbálni az új módszereket és az új kollégákat is, valamint referenciafeladatokat is meg lehet oldani.

Szegény Zsigmond, a QualcoDuna program vezetője a 2019-es évet értékelve elmondta, hogy tavaly is stabil résztvevőszámmal, 146 partnerrel zajlott a körvizsgálat (a laboratóriumi jártassági vizsgálatokat 11, a mintavételt 6 témakörben hirdették meg). A legnépszerűbb vizsgálat a szennyvíz, a felszíni víz és a fürdővíz vizsgálata volt. A mintavételi jártassági vizsgálatok értékelését már a Forrás ügyviteli rendszer segítségével végezték. A központi, alap-honlap a Qualcopt.eu lett, innen – de természetesen akár közvetlenül is – bárki egy kattintással átjuthat a QualcoDuna, QualcoDanube és a Qualco-MAE oldalakra.

2020-ban a rendkívül alacsony érdeklődésre való tekintettel törölték a szennyvíziszap/feneküledék mátrixból a KOI_x és a TOC-méréseket, a hulladékvizsgálatok közül a Ti, V, Al elemeket, helyettük As, Cd, Mo vizsgálatokat vezettek be. Szegény Zsigmond felhívta a figyelmet arra is, hogy a Daphnia teszt ezúttal a második fordulóra esik majd a harmadik forduló helyett.

Újdonságot jelent az, hogy a részvételi oklevél – a tervek szerint jövőre – már elektronikus formában is érvényes lesz, illetve az, hogy a szervezők – akik to-

vábbra is mindent megtesznek a résztvevők közötti összejárás elkerülése érdekében – évközi vizsgálatokat is indítanak, a mintavételi és a hulladék kémiai jártassági vizsgálatokat pedig területbővítéssel tervezik akkreditáltatni.

Eredmény (zárójelentés) egy hónapon belül, előzetes értékelés pedig már két héten belül várható.

Rikker Tamás a validálásról, Dr. Micsinai Adrienn a Happy Fish projektről tartott előadást, Nagy László, az Aktiv Instrument Kft. vezetője a legújabb laboratóriumi műszereket ismertette, illetve beszélt a TOC-mérés változatos lehetőségeiről, míg Széles Gábor az Aktivit, Jakab Péter pedig az Unicam műszereit ajánlotta a hallgatóság figyelmébe.

A nagy múltú rendezvényen a szervezők a fenti előadások mellett mikrobiológiai szekciót is rendeztek.

Laborkalandok a Tudásközpontban

Egy hazai vizsgálólaboratórium immár hetedik éve nyitja meg kapuit a fiatal generációk előtt. Eddig Magyarország első országos online kémia-versenyének győzteseit látták vendégül a nagyközönség számára szigorúan lezárt laboratóriumban, ahová egy éve már pályázati úton jutnak be a laborkalandozók. Kromatográfia, élelmiszer-vizsgálatok, parányi plasztikok – csak néhány az elmúlt hónapok témái közül.

A Laborkaland Online kémia-verseny az elmúlt években már eddig is számtalan érdekes feladattal igyekezett felhívni a figyelmet a kémia mindennapi hasznára: kiderült, mi történik a görögdínyével, ha tengervízben hűtjük, miként válhatnak a konyhai zöldségek indikátorokká, hogyan főzzük a legjobb tésztát, miért lyukas a sajt, milyen módon tudunk fagyaltot készíteni mélyhűtő nélkül. A versenyzők időutazásban is részt vettek, nyomozták Sherlock Holmes-szal, ellátogattak a történelem nagy tudósainak otthonába, a legkitartóbbak pedig még az aranycsinálás titkát is megismerték.

A verseny győzteseit Magyarország piacvezető vizsgálólaboratóriumában a WESSLING Hungary Kft. Tudásközpontjában, valamint a Csodák Palotájában látták vendégül egy életre szóló kémiai kalandnapon. A Laborkaland legfőbb célja, hogy felhívja a figyelmet a kémia szépségére, illetve arra, hogy mi mindennel foglalkozhat az, aki ezt a ma sajnos továbbra sem túl népszerű tantárgyat választja.

A Laborkaland az idén is folytatódik, ezúttal a honlapon közzétett feltételekkel pályázhatnak rá középiskolák. Így tett a Teleki Blanka Gimnázium is, amelynek végzős diákjai egy az Agrárminisztérium által kiírt országos tanulmányi verseny győzteseként kerültek be a laboratóriumba.

Dr. Szigeti Tamás kalauzolta őket a Tudásközpont laborjainak és a kémianak, mint hétközna-

pi tudománynak az útvesztőjében. A labortúrához a diákok védőszemüveget és köpenyt vettek fel, a kromatográfiás készülékek megismerése után a mikrobiológiai laborban megtekinthették, hogy a laboratórium szakértői hogyan alkalmazzák a validált módszereket, az analitikai vizsgáló részleg pedig a környezeti minták elemzését követték nyomon.

A laborsétát követő másfél órás előadás során a diákok ismereteket kaptak a Wessling társadalmi felelősségről, valamint a környezet- és egészségvédelemben betöltött jelentős szerepéről. Szigeti Tamás emlékeztette őket arra is, hogy fegyelmettséggel és tudatossággal mennyire sokat tehetünk mi magunk is a bolygónk védelméért és életben tartásáért.

Januárban a Pesti Barnabás Élelmiszeripari Szakközépiskola és Szakgimnázium végzős diákjai voltak a Wessling Tudásközpont vendégei. A diákok látogatásának célja elsősorban az volt, hogy a 21. századi követelményeknek megfelelő modern vizsgálólaboratóriumban testközelből is megtapasztalhassák, láthassák, hogyan is működnek munka közben azok a komoly, az egyes élelmiszer-vizsgálatokhoz nélkülözhetetlen műszerek és gépek, amelyekről ők egyelőre még csak tanulmányaik során hallottak.

Balázs Gábor, a Wessling Hungary Kft. élelmiszer-vizsgáló laboratóriumvezetőjének tematikus előadásából a résztvevők megtudhatták, mit jelent az, hogy egy laboratórium független és akkreditált; milyen módszerekkel vizsgálják és mérik a szakemberek a laborba érkező termék-, illetve anyagmintákat; hogyan épül fel a cég belső irányítási rendszere, egyáltalán miért nélkülözhetetlen, hogy egy vállalat rendelkezzen a profiljának megfelelő szabványokkal.

A laboratóriumvezető ezt követően bemutatta az Élelmiszerbiztonsági Üzletágot, azon belül is azt a sokféle vizsgálati típust, amelyekkel ő szakmájából adódóan nap mint nap foglalkozik: kémiai, mikrobiológiai, érzékszervi, valamint molekuláris biológiai vizsgálatok; élelmiszerek, takarmányok és vizek peszticid-, azaz növényvédőszermaradék-vizsgálata; toxikus fémek és mikotoxinok vizsgálata; étrendkiegészítő- és csomagolóanyag-vizsgálatok stb.

Természetesen mindemellett beszélt a laboratóriumi mérnökök munkájában hatalmas segítséget nyújtó sokféle műszaki eszközről, többek között a kromatográfokról és a spektroszkópokról.

Februárban újabb diákokat látott vendégül a Wessling Tudásközpont: a Szent II. János Pál Iskolaközpont gimnazistái a mikroműanyagok világába nyertek betekintést.

Hozzájuk is eljutott cégünk nagy sikerrel zárult Parányi Plasztikálány elnevezésű projektjének a híre, amelynek keretein belül kollégáink több hazai folyó vízének mikroműanyag-tartalmát is megmérték. Az iskola természettudományi munkaközösség-veze-

tője belső tehetséggondozó projektet és ehhez kapcsolódó külső programot szervezett a diákok részére olyan központi témákkal, mint a fenntarthatóság, a környezettudatos szemléletformálás és a környezetvédelem. Ehhez a tematikához illeszkedett a Tudásközpont laboratóriumaiban tett látogatás és a hozzá kapcsolódó szakmai előadás.

A látogatást szervező tanár úr kérése az volt, hogy a diákok minél jobban megismerhessék a környezetvizsgáló laboratóriumok működési körülményeit, feltételeit, eszközeit, valamint a Parányi Plasztikálány-projekt munkamódszereit, eredményeit, jelentőségét, hogy aztán az iskolába visszatérve az információkat az ottani Ökosarokban megoszthassák a többi diákkal.

Mári Áron, a Környezetanalitikai Üzletág projektfelelőse elmondta: az emberek mindennapi életének számos területén előforduló vonzó műanyagok nagy előnye, hogy könnyen formálhatók és olcsók, ám használatuk ma olyannyira elterjedt, hogy az már a minket körülvevő természetet, az élővilágot veszélyezteti. Ijesztő tény, hogy a műanyag hulladék 60%-a jó esetben a hulladékgetőbe, rosszabb esetben viszont a személtelérbe kerül; az emberi fogyasztás során felhasznált műanyag mindössze 8%-át hasznosítják újra.

Napjainkra megsokszorozódott a minket körülvevő mikroműanyagok száma is; a definíció szerint ez fogalom az 5 mm-nél kisebb, bomlásnak ellenálló szintetikus polimereket jelenti, amelyeknek két csoportja létezik. Az elsődleges mikroműanyagokat a kozmetikai, egészségügyi termékek gyártói adják termékeikhez, ilyen módon megnövelve azok hatékonyságát. A másodlagos mikroműanyagok a természetbe került műanyagok öregedési folyamataiból származó darabkák. Méreteik révén mindkét típus könnyen belekerülhet a táplálékláncba, beláthatatlan következményeket okozva ezáltal az élővilágban.

A Wessling Tudásközpontba látogató diákok a foglalkozás végén számos új ismerettel gazdagodtak a műanyagokkal, az ellenük történő védekezéssel és a környezetvédelemmel kapcsolatban.

Több lehet a mikroműanyag a természetben, mint gondoltuk

Egy most záruló K+F projekt során olyan mintavételi módszert fejlesztett ki egy független laboratórium, amellyel sokkal pontosabb és megbízhatóbb eredményeket kaphatunk a mikroműanyagok kutatása során: az eddig mért adatoknál akár háromszor-öttször is nagyobb lehet a vizekben jelen lévő tényleges mikroműanyag-koncentráció. A kutatást vezető WESSLING Hungary Kft. szakemberei a Tisza és a Duna után a Balatonban és a Zalában is kimutattak mikroműanyagokat.

A környezetanalitikában élen járó WESSLING Hungary Kft. az elmúlt években több alkalommal is vizs-

gálta több hazai folyó mikroműanyag-tartalmát, a Dunában Budapestnél köbméterenként ötven részecskét detektáltak. A „*Mikroműanyagok édesvízi mintavételi módszertanának és mintaelőkészítésének fejlesztése*” címet viselő állami támogatású projekt keretében nemrég hazánk legnagyobb állóvizét, a Balatont és annak fő táplálóját, a Zala folyót is vizsgálat alá vették.

Az eredmények azt mutatják, hogy ezekben a vizekben jellemzően **5-10 mikroműanyag részecske található egy köbméter vízben**. A korábbi eredményekhez hasonlóan a legtöbb azonosított részecske polietilén anyagú, de emellett polipropilén, polisztirol és poli(vinil-klorid, PVC) is kimutatható volt.

Napjainkra már megkérdőjelezhetetlen, hogy a műanyag hulladékok jelentős része bekerül a természetes ökoszisztémánkba, vizeinkbe, ahol azonban biológiai lebomlásuk nem történik meg. Ezzel szemben fizikai-kémiai hatások – elsősorban UV-sugárzás – következtében láncszerkezetük aprózódik, így 5 mm-nél kisebb, úgynevezett mikroműanyagok jönnek létre.

Édesvizeink minősége a tápláléklánc szempontjából alapvető fontosságú, ennek ellenére mikroműanyag-terhelésük kutatása még messze elmarad a tengeri vizsgálatokétól.

A különböző mintavételi és vizsgálati módszerek nem szolgáltatnak egységesen értelmezhető eredményeket, pedig a tényleges ökológiai és humán-egészségügyi kockázat megállapításához ez elengedhetetlen a jövőben. További probléma, hogy a különböző kutatócsoportok más-más módszereket alkalmaznak a mintavételre és a minták előkészítésére, így az előálló adatok nem összehasonlíthatók.

Mi volt a kutatás legfőbb célja?

A most záruló kutatás során a szakemberek édesvízi rendszerek felméréséhez **fejlesztettek olyan egységesített módszereket**, amelyek a jövőben szabványosítási törekvések alapjául szolgálhatnak. A módszerek a projekt során fejlesztett prototípusokra épülnek. Kiemelkedően fontos, hogy a mintavételi és mintaelőkészítési eljárásokat modellrendszerben is validálták, tehát pontosabb információkkal rendelkeznek azok határfokáról. Ez értékes információt szolgáltat a minták kezelése során elkerülhetetlenül fellépő veszteségek mértékéről, így részletesebb képet alkothatunk a tényleges környezeti körülmények között uralkodó mikroműanyag-terhelés nagyságáról. A kapott eredmények értelmében a mért adatoknál akár háromszor-öttször nagyobb lehet a vizekben jelen lévő tényleges mikroműanyag-koncentráció.

A fejlesztett módszereket terepi körülmények között is tesztelték különböző környezeti elemek mintázása során, így mérték fel a Balaton és a Zala folyó műanyag szennyezettségét, ezekből a vizekből idáig nem volt információnk a parányi plasztikokról.

Mit kell még tudni a mikroműanyagokról?

A széles körben elterjedt műanyag típusok ellenállóak a különböző környezeti hatásokkal szemben, ennek a perzisztenciának a következtében halmozódott fel nagy mennyiségű műanyag hulladék mind a szárazföldi, mind a tengeri környezetben. Vizekben, üledékekben és vízi ökoszisztémák élőlényeiben változó mértékű műanyag szennyezésről számolnak be a kutatások. Veszélyességük pontos felmérése kezdeti stádiumban van, azonban már több esetben bizonyítást nyert, hogy egyrészt káros élettani hatásokkal rendelkeznek (például tápcsatorna-eltömítés, gyulladásozó folyamatok indukálása), illetve a gyártás során használt lágyítószerek szivároghatnak belőlük, de apoláros felületükön a vizekben jelen lévő perzisztens szerves szennyezőket is koncentrálni képesek.

A mikroműanyagok által hordozott környezeti, humán-egészségügyi kockázatok felméréséhez meg kell ismernünk a pontos elterjedésüket (anyag típusok, alakok, mérettartományok), majd fel kell mérnünk az általuk okozott káros (ökotoxikológiai, egészségügyi, víz- és élelmiszerbiztonsági) hatásokat.

A pályázati főösszeg nettó 269 538 633 forint, ebből vissza nem térítendő támogatás nettó 138 586 808 forint. A Vállalatok K+F+I tevékenységének támogatása (Vállalati KFI_16) pályázatot a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal írta ki, a vissza nem térítendő támogatást a Magyar Állam nyújtja. Ez a pénzügyi keret jelentősen hozzájárulhat az ágazat versenyképességének növekedéséhez, illetve nemzetközi szinten tudományosan is elismert eredmények megalkotásához.

How to produce better quality food?

More specifically: what substances are released from packaging materials into food? Why do we need to regularly test for pesticides and the toxins produced by tiny fungi? How can we arrest – within a day even – a microbiological contamination? The questions above were answered by the experts of a food-testing laboratory at a conference organised on the sideline of the “Sirha Budapest 2020 Exhibition”.

Dr. Tamás János Szigeti representing WESSLING Hungary Kft. - the organiser of the conference - said that with technological advancement on our side, it is by now generally understood that from the food contacting materials several compounds transfer into the food. The thermodynamic reason for this is that all systems seek thermodynamic equilibrium, and this is reflected even in food safety-related processes. Material transfer, i.e. diffusion, takes place on the boundary surface between the packaging material and the food it contains. As temperatures rise, diffusion becomes stronger; just remember the soft drinks left in the car in the sun.

Laboratories measure the amount of every component that may be dissolved into a solution: the monomers of plastics, photo-stabilisers, lubricants, plasticisers, antioxidants, printing inks and metals – yes, these materials can all dissolve into food, and during an average human lifetime we consume almost half a kilogram of these materials.

Of course, the impact on our health is not positive. Fluorine containing hydrocarbons diluted from plastics are especially toxic: they may damage our kidneys, liver, thyroid, testicles and prostate, may cause hypertension during pregnancy, and may have immune-toxic effects in children.

Another observation we heard at the conference – important for producers, distributors and consumers – is that products sold in smaller presentations may contain a higher concentration of dissolved compounds than products sold in larger presentations. This is why requirements imposed on caps are different, too.

In the case of packaging materials stored in rolls, with printed patterns on their external surface, contact between the internal and external surfaces may result in pollution if the product is rolled up before the print fully dries.

Year to year, ever newer pests emerge and keep migrating towards the Poles – explained Mrs. Köteles Dr. Gabriella Suszter, also a colleague representing WESSLING Hungary Kft. Agriculture uses a broad range of pesticides to combat them. Eating just one piece of fruit may introduce several different compounds into our body, and it is not fortunate if the impacts of the different compounds are aggregated (cocktail-effect). In addition, the presence of pesticides above approved limits in food may cause substantial losses to producers and distributors alike.

This is why regular food testing – for pesticides as well – is so important. By screening, the most frequently used components (as many as 500-600 different compounds) may all be tested for at the same time. This comprehensive test can be supplemented by a special test targeting specific compounds.

Speed is of utmost importance in testing, as fruits and vegetables are perishable food items with a short shelf life. At the same time, it is important to remember that pests may become resistant to the substances used against them. Such resistance is more likely to develop if a farm applies the same pesticide for several years. This means that pesticides must also be used in a sustainable way, i.e. they must be used in full consideration of bio-systems and in observance of the requirements of food safety.

It is good news for everyone that only a few percent of the samples analysed in laboratories so far were found to contain pesticides above approved limits.

The Hungarian diet contains a lot of food made of cereals. Myco-toxins (the toxins of microscopic fungi) are pollutants in human food and animal feed exerting a negative impact on health, detectable only by special instruments.

These compounds are resistant to heat, to the procedures most frequently applied in the processing industry, but even to gastric acid. These toxins cannot be removed from food; therefore controlling efforts focus on prevention, authority measures and continuous monitoring – we heard at the conference. It was also mentioned that in modern laboratories, certain microbiological tests can be completed in 24 hours, – a great help to the actors of the food processing industry. The modern diagnostic processes available are methods of molecular biology (PCR) and immunology (VIDAS, SOLUS), or the identification of microbes using the MALDI-TOF method.

Modern genomic instruments allow us to analyse entire bacterial genomes fast and efficiently, and the genetic markers identified within the genomes can be used to make comparisons between microbes – explained Adrienn Micsinai, Executive Director of BIOMI Kft, a company involved in molecular biology and GMO testing, among other things. The comparative assessments (full genome MLST, nuclear genome MLST, SNP analysis) may help us to identify the source of the contamination and expose the root cause, thus contributing to the production of safer food.

One of the world's most significant gastronomy contests, the Sirha Budapest premium international food processing and HoReCa fair welcomed experts at the HUNGEXPO Budapest Congress and Fair Centre between February 4th and 6th, 2020. This is where the Hungarian Bocused'Or Academy chef contest was also organised. WESSLING Hungary Kft. is Hungary's leading testing laboratory, having conducted almost two million tests over the past decades in a large number of areas: they tested for the presence of GMOs, pesticides, myco-toxins and harmful materials dissolving from packaging into food, and conducted microbiology tests.

The conference organised at the SIRHA Exhibition was intended to be a source of useful advice to the actors of the food processing industry.

The QualcoDuna programme now offers even more

The annual closing conference of the QualcoDuna proficiency – exam assessing the results of the last year – took place amid great interest in Hotel Aquaworld in Budapest in January. The more than 50 year old programme opens up new opportunities to its participants in 2020 as well.

Examination rounds are a great service to client centricity, as they verify that partners may trust the laboratory concerned. The organisation conducting the proficiency exam helps the lab prove to its partners that it is competent in the domain analysed – explained Tamás Rikker, executive director of WESSLING Nonprofit Kft. implementing the QualcoDuna programme as he quoted from the Introduction to Standard 17 043.

He added that successful examination rounds require support and regulation by the accrediting organisations, i.e. such organisations should identify and determine in exactly what they require compliance. An examination round, however, may resolve several professional problems as well, new methods and new colleagues can be tested, and reference tasks can also be solved.

Assessing the year 2019, head of the QualcoDuna programme Zsigmond Szegény concluded that the examination round of 2019 was implemented with a stable number of participants, i.e. with 146 partners (laboratory proficiency exams were announced in 11, while sample taking exams were announced in 6 topics). Sewage, surface water and bathing water were the most popular topics. The sample taking proficiency exams were evaluated with the help of the “Forrás” management system. The central default webpage is Qualcopt.eu, from where the QualcoDuna, QualcoDanube and Qualco-MAE pages can be accessed by a single click, directly as well.

In 2020, due to extraordinarily low interest, the COD_k and TOC exams were removed from the sewage sludge/bottom sediment matrix, the elements Ti, V and Al were removed from waste exams and were replaced by As, Cd and Mo. Zsigmond Szegény directed attention to the fact that from now on, the Daphnia exam will take place in the second section, instead of the third which was its former place.

It is an important change that – from next year according to plans – the certificate of participation will also be valid in electronic format. The organisers will continue to do their best to prevent collusion among participants, for which purpose they will also conduct interim checks, while the sample taking and waste chemical proficiency exams are planned to get accreditation in a wider range of fields.

Results (final reports) become available in a month, but a preliminary assessment can be expected in two weeks.

Tamás Rikker delivered a presentation on validation, Adrienn Micsinai spoke of the Happy Fish project, László Nagy, Executive Director of Aktiv-Instrument Kft. presented state-of-the-art laboratory instruments, and also spoke of the diverse opportunities offered by TOC-tests. Gábor Széles

recommended Aktivit's, while Péter Jakab recommended Unicam's instruments to the audience's attention.

The venerable event also featured – in addition to the above presentations – a microbiology section.

Laboratory adventures in the Knowledge Centre

It is now for the seventh year that a Hungarian testing laboratory opens its gates to young generations. So far, the lab – strictly closed to the general public – welcomed the winners of Hungary's first online chemistry competition. For a year, laboratory adventurers have been able to pay visits to the lab as a result of an application procedure. Chromatography, food-tests, tiny plastics are just some of the topics discussed over the last months.

Over the last years, the chemistry competition entitled “Laboratory Adventure Online” tried to direct attention to everyday uses of chemistry by countless interesting tasks: we learned what happens to a water melon if cooled in saltwater, how to use kitchen vegetables as indicators, how to cook the best pasta, why cheese has holes and how to make ice-cream without a freezer. The contestants also participated in a time travel, conducted an investigation alongside with Sherlock Holmes, visited the great scholars of history in their homes, and the most dedicated even had the chance to learn the secret of gold-making.

The winners of the contest were treated to a day of chemical adventures in Hungary's market leading testing laboratory at WESSLING Hungary Kft.'s Knowledge Centre and in the Palace of Miracles (Csodák Palotája). The Laboratory Adventure is intended to direct attention to the beauties of chemistry and to all the great things somebody choosing this still not very popular subject can do in a professional career.

The “Laboratory Adventure” continues this year as well – this time secondary schools meeting the conditions published on the webpage can submit their applications. The secondary school “Teleki Blanka Gimnázium” took advantage of the opportunity, and the school's graduate students were welcomed in the laboratory as the winners of the national student contest announced by the Ministry of Agriculture.

The young visitors were taken on a tour in the labyrinth of the Knowledge Centre's laboratories and in the chemistry of everyday life by Dr. Tamás Szigeti. The students wore protective eye-glasses and protective gowns. Following a tour to the chromatographs, the group proceeded to the microbiology lab where they watched how experts apply validated methods. This was followed by a

visit to the analytical testing section where visitors watched the way environmental samples are analysed.

The tour of the laboratory was followed by a presentation of one and a half hours on Wessling's corporate social responsibility and its important role in the protection of the environment and human health. Tamás Szigeti pointed out how – with just a little bit of attention and conscious care – each one of us can help protect and sustain our planet.

In January, the Wessling Knowledge Centre was visited by graduate students from Pesti Barnabás **Élelmiszeripari** Szakközépiskola és Szakgimnázium (Food Processing Secondary School). The goal of the visit was primarily to have a hands-on experience of what a modern testing laboratory - meeting 21 century conditions - is like, and have a close view of how the instruments and machines indispensable for certain food tests - of which the students have so far only heard at school - operate in practice.

A thematic presentation by Gábor Balázs - head of Wessling Hungary Kft.'s food testing laboratory - explained what it means if a laboratory is independent and accredited; what methods experts apply to inspect and measure the product and material samples arriving in the laboratory; how the company's internal management system is set up and why it is indispensable for a company to dispose over standards corresponding to its profile.

Following the presentation, the Head of the laboratory presented the Food Safety Division and a number of different tests he conducts every day in his professional life, including chemical, microbiological, organoleptic and molecular biological tests; searching for pesticides in food, animal feed and waters; conducting toxic metal and myco-toxin tests; food supplement and packaging material tests, etc.

Of course he also spoke of the multitude of technical instruments - including chromatographs and spectrometers - that are so helpful in the work of laboratory engineers.

In February, the Wessling Knowledge Centre was visited by another group of secondary school students: the students of Sent II. János Pál Iskolaközpont (Saint Pope John Paul II School Centre) were introduced into the world of micro-plastics.

They were also reached by the news about our company's highly successful project entitled "Tiny Plastic Riddle". In this project, our colleagues measured the micro-plastic content of several Hungarian rivers. The school's science manager launched a talent management project accompanied by several related external programmes, focusing on topics like sustainability, environmental consciousness and the protection of the environ-

ment. The visit to the Knowledge Centre's laboratories and the related professional presentation focused on these topics.

The teacher organising the visit asked the Knowledge Centre to make sure that the students may thoroughly immerse themselves in the operating circumstances and conditions in environmental test laboratories, the equipment they use, as well as the working methods, results and significance of the Tiny Plastic Riddle project. Upon their return to school again, they are expected to share the information with the rest of the students in the Eco Corner.

Áron Mári, project coordinator of the Environmental Analytics Division said: a major advantage of the attractive plastics used in several domains of everyday human life is that they are easy to shape and are affordable. He warned, however, that by today, the use of various plastic objects is so widespread that this now exposes the surrounding natural environment and wildlife to danger. The scary fact is that 60% of plastic waste ends up in incinerators even in the best case, and in landfills in a bad one; only 8% of the plastic used by humans during their consumption activities is recycled.

The number of micro-plastics surrounding us has also multiplied by now. According to the definition, micro-plastics are less than 5 cm synthetic polymers resisting decomposition. They can be split into two groups. Primary micro-plastics are used in the cosmetic and health-care industry to increase the efficacy of these products. Secondary micro-plastics are pieces stemming from the aging process of plastics deposited in the natural environment. Their size allows them to enter into the food chain easily, causing unpredictable consequences to wildlife as a result.

The students visiting the Wessling Knowledge Centre were enriched by a lot of information by the programme, learnt a great deal about plastics and about how we can protect ourselves and the natural environment against them.

There may be more micro-plastics in nature than what we thought

In a Research and Development project now closing, an independent laboratory worked out a method resulting in significantly more accurate and reliable indicators to be used in micro-plastic projects than before: the actual micro-plastic concentrations in our waters might be 3-5 times higher than we had previously thought. Following similar findings in the River Tisza and the River Danube, the experts of WESSLING Hungary Kft. – heading the research project – managed to identify micro-plastics in Lake Balaton and in the River Zala as well.

WESSLING Hungary Kft. has been in the vanguard of environmental analytics for several years, measuring the micro-plastic content of Hungarian waters. In the River Danube in Budapest, experts detected fifty particles per cubic meter. The project entitled „Freshwater Sample-taking and Sample Preparation of Micro-plastics – a Methodology Development” is a recently implemented state-funded project which also analysed Hungary's largest lake, Lake Balaton and its main tributary, the River Zala.

Project results indicate that typically, **one cubic meter of water** in these rivers **contains 5-10 micro-plastic particles**. Similarly to earlier results, most identified particles are made of polyethylene, but polypropylene, polystyrene and poly (vinyl-chlorid) (PVC) particles were also detected.

It is by today unquestionable that a significant part of plastic waste finds its way into the natural ecosystem, into waters, where their biodegradation, however, does not take place. Instead – due to a number of physical and chemical effects, primarily ultraviolet radiation – their chain structure is broken up into fragments, resulting in particles smaller than 5 mm in size, i.e. micro-plastics.

The quality of our freshwater reserves is of decisive significance from the food chain perspective, but the analysis of their micro-plastic pollution lags far behind that of marine environments.

The various sample taking and analytical methods applied today fail to produce standardisable results, while this will be indispensable to identify actual ecological and human health risks in the future. The fact that the different research groups apply different sample taking and preparation methodologies is another source of concern, as the results produced in this way are not comparable.

The primary goal of the research project

In the course of the project now ending, the experts **developed standardised methodologies** for the analysis of freshwater systems. These methods can form the foundations on which later standardisation efforts may rely. The methods take advantage of the prototypes developed by the project. It is of outstanding importance that the sample taking and preparation procedures have also been validated in a model system, i.e. the experts have more accurate information about their efficacy. This is the source of valuable information about the amount of loss – an unavoidable consequence of handling samples – enabling researchers to gain a more detailed insight into the actual dimension of micro-plastic pollution under the circumstances of the natural environment. As the results received indicate, actual micro-plastic concentration in waters may be 3-5 times higher than the levels measured.

When the samples to be used in various environmental component tests were taken, the methods developed were tested under the circumstances of the natural environment as well. This is how we now know the micro-plastic content of Lake Balaton and the River Zala – waters in the case of which we have so far lacked information about the presence of tiny plastics.

What else should we know of micro-plastics?

Generally used plastics are very resistant to a number of environmental factors, and it is due to this persistency that so much plastic waste has accumulated in both land and marine environments. Research reveals various amounts of plastic pollution in waters, sediments and in wildlife living in aquatic ecosystems. The accurate analysis of the danger they represent is still in its infancy, but it has been proven on several occasions already that their physiological impact is harmful (e.g. they choke up the alimentary canal and induce inflammatory processes), that they may leak plasticisers used during the production process, and that their apolar surface may concentrate persistent organic pollutants present in waters.

The assessment of environmental and human health risks carried by micro-plastics would require the mapping up of their prevalence (material categories, shapes, size ranges), followed by an analysis of their harmful (eco-toxicological, health, water and food safety) effects.

The grand total available under the invitation for applications is HUF 269 538 633 in net terms, of which HUF 138 586 808 is non-refundable subsidy. The application procedure entitled „Supporting corporate R&D activities” (Vállalati KFI_16) was issued by the National Research, Development and Innovation Office, while the non-refundable subsidy is provided by the Hungarian state. The funding available may make a significant contribution to increasing the sector's competitiveness, and may also result in internationally recognised scientific achievements.

EFSA hírek

Antibiotikum rezisztencia az Európai Unióban: egyre nehezebb a védekezés az élelmiszerrel terjedő bakteriális fertőzések ellen

A *Salmonella* és a *Campylobacter* baktériumok egyre jobban ellenállókká válnak a ciprofloxacinnal szemben, az ilyen baktériumok által okozott fertőzések kezelésénél alkalmazott egyik antibiotikum ellen. Ez a következtetése a zoonózisokkal kapcsolatos antibiotikum rezisztenciával foglalkozó egyik legfrissebb jelentésnek, amit az Európai Betegségmegelőzési Központ (ECDC) és az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) adott ki és amely azért az állattenyésztési vonalon tapasztalható kedvező irányokról is beszámol.

A legutóbbi emberi, állati és élelmiszer adatok arra utalnak, hogy a *Salmonella* baktériumok jelentős része már többszörös antibiotikum rezisztenciával rendelkezik, vagyis három vagy annál több antibiotikumra sem reagál. Embereknél gyakori a ciprofloxacinnal szembeni rezisztencia, különösen a *Salmonella* bizonyos típusaival szemben, és a nagy koncentrációban adott ciprofloxacinnal szembeni rezisztencia 1,7%-ról (2016) 4,6%-ra (2018) nőtt. A *Campylobacter* esetében 19 országból 16 jelentett nagyon magas vagy rendkívül magas szintű ciprofloxacinnal szembeni rezisztenciát.

Ugyanolyan nagy arányban állnak ellen a ciprofloxacinnal szemben a *Salmonella* és *E. coli* baktériumok baromfiban is. A ciprofloxacinnal szembeni rezisztencia egy fluorokinolon származék, egy olyan mikro-organizmusok elleni gyógyszer osztály tagja, amelyet embereknél kritikus fontosságúnak tekintenek. Ha a fluorokinolonok elvesztik hatásosságukat, annak jelentős következménye lehet az emberek egészségére nézve. Ugyanakkor a kombinált rezisztencia – vagyis két egyaránt kritikus fontosságú antibiotikummal szembeni egyidejű ellenálló képesség kialakulása – a fluorokinolon és a harmadik generációs cefalosporinok ellen a *Salmonella* és a fluorokinolon illetve makrolidok ellen a *Campylobacter* esetében továbbra is alacsony marad.

A jelentés az 2018-as évből elszórtan jelez rezisztenciát az emberi *Salmonella* fertőzésekkel szemben, egy utolsó menedékként alkalmazott antimikrobiális szerrel szemben.

Mike Catchpole, az ECDC vezető kutatója szerint: „A carbapenem rezisztencia kimutatása élelmiszerrel fertőző baktériumok ellen az Európai Unióban meglehetősen aggályos fejlemény. A leghatékonyabb módja, hogy megelőzzük a carbapenem-rezisztens törzsek elterjedését, ha folyamatos szűréseket végzünk és azonnal reagálunk a pozitív leletekre. Az ECDC egységes megközelítésben működik együtt az EU tagállamokkal és az EFSA-val a korai kimutatás és folyamatos ellenőrzés érdekében, amellyel ki lehet védeni az antimikrobiális szerekre ellenálló állati eredetű fertőzések jelentette folyamatos veszélyt.”

A jelentésben megtalálható néhány fontos mutató is, amelyek alkalmasak rá, hogy segítsék az EU tagállamait az antimikrobiális szerek használatának csökkentésében és az antimikrobiális szerekkel szembeni rezisztencia leküzdésében elért haladás felmérésében.

Élelmiszer használatokban az antimikrobiális szerekre való érzékenység összefoglaló mutatója az elmúlt 2014 és 2018 közötti időszakban a tagállamok valamivel kevesebb mint 25%-ában (6 országban) emelkedett *E. coli* esetében. Ez azt jelenti, hogy ezekben az országokban szükség esetén nagyobb eséllyel veszik fel a harcot sikeresen az antimikrobiális szerek. A széles spektrumú β -laktamáz (ESBL) illetve AmpC termelő *E. coli* törzsek előfordulásának aránya 2015-2018 között a tagállam mintegy 40%-ában csökkent. Ez is fontos tudnivaló, hiszen az ESBL-AmpC termelő *E. coli* súlyos emberi fertőzések felelőse.

A végső mentsvárnak tekintett antimikrobiális gyógyszerek közül a kolisztin ellen nem volt jelentős rezisztencia *Salmonella* és *E. coli* baktériumokban, illetve nem lehetett kimutatni karbapenemáz termelő *E. coli*-ban brojler csirkék, pulykák állományában és a brojler húsában.

Emberekben a *Salmonella Typhimurium* csökkenő rezisztenciája ampicillinnel és a tetraciklinekkel szemben számos országban szintén egy ígéretes fejlemény volt 2013-2018 között.

Food Safety News

A szakértők szerint a koronavírus valószínűleg nem terjed az élelmiszerrel

A közegészségügyi szakemberek és a tudományos világ képviselői megegyeznek abban, hogy a koronavírus az élelmiszerekkel terjedő betegségek tekintetében nem jelent túlságosan komoly veszélyt jelenleg, de azért vannak, akik bizonytalanságot érzekeltetnek a helyzettel kapcsolatban.

„Bár elvileg lehetséges, hogy a vírus élelemmel átvihető, minden arra mutat, hogy az élelmiszer útján történő fertőzés esélye rendkívül alacsony – akár több milliószor is kisebb – mint a cseppfertőzés veszélye” mondta a **Food Safety News** munkatársának Donald W. Schaffner, élelmiszertudományi szakember és a Rutgers Egyetem tiszteletbeli professzora.

Schaffner kiterjedt kutatásokat végzett a mikrobiális kockázat felmérés, az élelmiszer mikrobiológiai előjelzések, kézmosás és keresztfertőzések kialakulásának terén. Gyakran dolgozik együtt Ben Chapman professzorral, aki az Észak Karolinai Egyetem Mezőgazdasági és Társadalomtudományi Tanszékének élelmiszer biztonsági szakértője.

Chapman egyetért abban, hogy a koronavírus – SARS-CoV-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome – Coronavirus-2) – élelmiszerrel történő átvitelének kockázata alacsony. Ami azt illeti, eddig nem is írtak le ilyen esetet. Ám keresztfertőzések miatt lehet azért aggodni.

„Tekintve, hogy a koronavírus légzőszervi kórokozó, úgy véljük, csak belégzéssel és hasonló úton kapható el, például az orr belső felületének érintésével, ha a vírus az ujjunkon van. De ha lenne is jelen az élelmiszerben, a megfelelő főzéssel elpusztítható” mondta Chapman professzor a **Food Safety News**-nak.

Az USA Járványügyi és Betegségmegelőzési Központja szerint a betegség rendszerint emberről emberre terjed köhögés, tüsszentés, beszélgetés útján.

„Jelenleg nincs semmilyen bizonyítékunk rá, hogy a SARS-CoV-2 élelmiszerrel továbbadható lenne” állítja a CDC. „Bár az előfordulhat, hogy valaki úgy kapja el a SARS-CoV-2 vírust, hogy megérint egy felületet vagy tárgyat, amelyen a vírus ott található, majd saját szájába, orrába, esetleg a szemébe nyúl, de úgy hiszünk, nem ez a fő módja a vírus terjedésének.”

Van esély a keresztfertőzésre az olyan kemény felületekről, mint az ajtókilincsek, konyhai eszközök, pöntartók és ehhez hasonló tárgyak, de a CDC szerint a veszély igen alacsony.

„... miután a vírus a felületeken nem él meg túl sokáig, igen kicsi az esélye annak, hogy a napokon keresztül környezeti körülmények között, hűtve vagy fagyaszta szállított élelmiszeripari termékeken vagy azok csomagolásán életben marad” – állítja a CDC.

A nemzetközi egészségügyi hivatalnokok, akik a koronavírus járványt kitorészt az egész világra nézve fenyegetőnek ítélték meg, szintén azt mondják, kicsi az esélye annak, hogy a betegség élelemmel terjedne.

A vírus hasonló jellemzőkkel rendelkezik mint a SARS és MERS vírus, ezekről tudjuk, hogy élelmiszerrel nem fertőznek. Az Egészségügyi Világszervezet jelentése szerint semmi nem támasztja alá az állítást, hogy a vírus élelemmel átvihető. Azért merültek fel az élelemmel kapcsolatos aggályok a kezdetben, amikor a vírust Kínában észlelték, mert az első betegek ugyanazon az élelmiszer piacon fordultak meg.

Egyéb vírusoktól, például a norovírustól és a hepatitis A vírustól eltérően, amelyek fertőzőképesek maradnak az élelemben, a koronavírus az élelmiszerben a nemzetközi közegészségügyi szakemberek állítása szerint nem szaporodik. A koronavírus szaporodásához az állati vagy emberi gazdaszervezetre van szüksége.

Az egyetlen javaslat és a leghatékonyabb fegyver a vírus ellen teljesen egyértelműen a fokozott figyelem a kézmosásra.

„A légzőszervi vírus kockázata valóban nagyobb éttermekben, ahol nagy számú ember fordul meg egy helyen, és akik közül lehetnek olyanok, akik az asztalokon, ajtókon, étlapon otthagyták a vírust, de ez ellen az alapos kézmosás és egy alkoholos fertőtlenítőszer alkalmazása megbízható védelmet nyújt és csökkenti mind a SARS-CoV-2 mind pedig a közönséges influenza okozta veszélyeket” mondta Chapman.

A mikrobiális okokra visszavezethető visszahívások száma megnőtt, de az összes riasztás száma csökkent Ausztráliában

Ismeretlen allergének és mikrobiális szennyeződés volt a felelős a legtöbb termék visszahívásért a múlt évben Ausztráliában.

A 2019. évben 87 visszahívási esetből 32 esetet be nem jelentett allergén anyagok okoztak, 30 esetben pedig mikrobiológiai okból kellett termékeket visszavonni. 2018-ban az összesen száz esetből 46 visszahívást rendeltek el allergiát kiváltó anyagok és 20-at mikrobiológiai ok miatt.

Az ausztrál és új-zélandi élelmiszeripari szabványok testülete (FSANZ) gyűjti az ausztrál élelmiszeripari termékek visszahívásával kapcsolatos adatokat, hogy a tendenciákat és az iparág közös gondjait fel lehessen ismerni.

A FSANZ a termék visszahívásokat mikrobiális szennyeződés, címkézési hibák, idegen anyag, vegyi és egyéb szennyeződések, be nem jelentett allergén anyagok, biológiai mérgek és egyéb kategóriába sorolt okok miatt rendelheti el.

2010 januárja és 2019 decemberje között a FSANZ 707 termék visszahívást bonyolított le. Az elmúlt tíz év átlagos esetszáma 71.

A visszahívások a leggyakrabban a kevert és/vagy feldolgozott termékeket érintik, de ez valószínűleg összefügg az ebben a kategóriában található termékek nagy mennyiségével, hiszen itt van a legtöbb tartós élelmiszer és többféle összetevőt tartalmazóétel. A második legtöbbször érintett termékcsoport a kenyerek és pékáruk, beleértve a kekszeket, süteményeket és tésztákat is.

A legutóbbi 10 évben a legtöbb visszahívás a be nem jelentett eredetű allergén termékek miatt történt. Ez 283 esetet, vagyis az ezen időszak alatti incidensek 40 százalékát jelenti. Mikrobiológiai fertőzést 181 esetben észleltek. Ez az összes eset 26 százalékát tette ki. A be nem jelentett eredetű allergének miatti visszahívások gyakorisága emelkedik, de ugyanígy emelkedik a mikrobiológiai fertőzések miatti esetek száma is. Az idegen anyagok miatti visszahívások száma csökken.

A *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* és *E. coli* érintett leggyakrabban a mikrobiális okokból történő élelmiszer visszahívásban. A hús, tejtermék, kevert és/vagy feldolgozott élelmiszer az, amit leggyakrabban *Listeria monocytogenes* fertőződés miatt kell visszahívni.

Növekedett a *Salmonella* miatt bekövetkező visszahívások szám 2019-ben is a *Salmonella Enteritidis* okozta többszöri riasztás eredményeként. A *Listeria* okozta visszahívások száma a tíz év alatt 74-ről 66-ra csökkent.

Számos olyan élelmiszerfajta van, amelyet a *Salmonella* törzsek okozta szennyezés miatt hívnak vissza. A leggyakoribb ilyen élelmiszer a tojás és a gyümölcs, a zöldség és a fűszernövények. A visszahívott gyümölcsök, zöldségek és fűszerek közé tartozik főként a saláta, csíranövények, a kantalup dinnye, a friss petrezselyem és szárított fűszernövények.

A tejtermékeket más kategóriáknál gyakrabban hívják vissza a feldolgozás higiéniájával kapcsolatos és az *E. coli* vizsgálatával mért aggályok miatt. Az *E. coli* miatt visszahívtak még friss csíranövényeket, salátákat és kevert és/vagy feldolgozott élelmiszereket.

Az elmúlt évtizedben be nem jelentett tej volt a leggyakoribb allergén eredetű anyag, amit visszahívtak, az esetek 30 százalékát ez tette ki. A többszörös allergének a második leggyakoribb típus, 18 százalékért felelősek. Tizennégy százalékban földimogyoró volt a be nem jelentett allergén.

A leggyakoribb be nem jelentett allergén miatt visszahívott élelmiszerfajta a kevert és/vagy feldolgozott élelmiszer, ami az ilyen visszahívások 30 százalékát is eléri. Ide tartoznak a rágcseletermékek, pudingporok és fagyasztott ételek. A cukrásztermékek tizennégy százalékkal a második helyen végeztek és a kenyérféleségeket és péksüteményeket a harmadikon, 12 százalékos aránnyal.

2010 és 2019 között 101 visszahívás történt idegen anyag miatt. A leggyakoribb idegen anyag amit az élelmiszerekben találtak, a fém, műanyag és üveg volt, fa vagy gumi csupán néhány esetben fordult elő.

A biológiai mérgek (biotoxinok) miatt visszahívások gyakorisága az elmúlt 10 év során évi egy és 15 között mozgott. Az összes visszahívás ebben az időben 41 lett. Az osztrigában és kagylókban található paralízist okozó kagylóméreg adta az összes visszahívott élelmiszer 63 százalékát. A következő a természetes állapotban is előforduló cianid féleség, a cianid-hidrogénsav a tapióka csipszekben és sárgabarack magokban, amiért 17 százalékot kell visszahívni. A hisztamin, aflatoxin, és ciguatera szintén megjelent ebben a kategóriában.

A vegyi és egyéb szennyező anyagok miatti visszahívások száma 2010 január és 2019 december között 20 volt. A tisztító és fertőtlenítőszeresek valamint egyéb szennyező anyagok a visszahívások 35 százalékát, illetve 30 százalékát tették ki, míg 15 százalékért a nehézfémek voltak felelősek.

A kutatók új ismereteket tártak fel a *Bacillus cereus*-szal kapcsolatban

Egy ausztrál egyetem kutatói egy másik toxint is azonosítottak, amit a *Bacillus cereus* termel. Az Ausztrál Nemzeti Egyetem (ANU) kimutatták, hogyan mérgezi meg a toxin a sejteket még akkor is, ha a szervezet másokat már legyőzött.

A toxint NHE (nem-hemolitikus hatású enterotoxin) névvel illetik, és mindenféle sejtet képes megtámadni a szervezetben azzal, hogy megkötődik a sejt membránján majd kilyukasztja azt, állítja a [Nature Communications](#) című lapban megjelent tanulmány.

Si Ming Man professzor és kollégái a *Bacillus cereus* tanulmányozták, amely a hányást, hasmenést előidéző és a baktériumok szaporodását elősegítő mérget termeli.

„Most egy másik toxint is felfedeztünk, ami éppoly nagy mértékben képes rombolni a sejteket. Vagy másképpen mondva – miután elég lassan ismerjük csak ki a baktériumok trükkjeit – a megfertőzésünkhöz használt eszköz készlet egy másik szerszámát. Vagyis ez azt jelenti, ha az egyik eszközt elvesz vagy az immunrendszer semlegesíti, a baktériumok még mindig rendelkeznek egy tartalékkal, amely segít nekik abban, hogy fertőzzenek és betegségek okozzanak” - mondta.

Éves szinten úgy becsülik, hogy Ausztráliában mintegy 4,0 millió élelmiszer fertőzés fordul elő, ebből 31 920 eset kerül kórházba és 86-an halnak meg, miközben egymillióan igényelnek orvosi ellátást.

EFSA News

Antimicrobial resistance in the EU: infections with foodborne bacteria becoming harder to treat

***Salmonella* and *Campylobacter* are becoming increasingly resistant to ciprofloxacin, one of the antibiotics of choice for treating infections caused by these bacteria. The conclusion is part of the latest report on antimicrobial resistance in zoonoses released today by the European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) and the European Food Safety Authority (EFSA), which also presents some positive trends in the animal sector.**

The latest data from humans, animals and food show that a large proportion of *Salmonella* bacteria are multidrug-resistant (resistant to three or more antimicrobials). In humans, resistance to ciprofloxacin is common, particularly in certain types of *Salmonella*, and resistance to high concentrations of ciprofloxacin increased overall from 1.7% (2016) to 4.6% (2018). For *Campylobacter*, 16 out of 19 countries report very high or extremely high percentages of ciprofloxacin resistance.

High proportions of resistance to ciprofloxacin are also reported in *Salmonella* and *E. coli* bacteria from poultry. Ciprofloxacin is a fluoroquinolone, a class of antimicrobials categorised as critically important for use in humans. If fluoroquinolones lose their effectiveness, the impact on human health could be significant. However, combined resistance – simultaneous resistance to two critically important antimicrobials – to fluoroquinolones and third generation cephalosporines in *Salmonella* and to fluoroquinolones and macrolides in *Campylobacter* remains low.

For 2018, the report lists sporadic cases of human *Salmonella* infection with resistance to carbapenems, a last-line antimicrobial.

Mike Catchpole, ECDC's chief scientist, said: "Finding carbapenem resistance in foodborne bacteria in the EU is a concern. The most effective way to prevent the spread of carbapenem-resistant strains is to continue screening and respond promptly to positive detections. ECDC is working with EU Member States and with EFSA in a One Health approach to enhance the early detection and monitoring, in an effort to fight the persisting threat of antimicrobial-resistant zoonotic infections."

The report also includes key outcome indicators that help EU Member States assess their progress in reducing the use of antimicrobials and combating antimicrobial resistance.

In food-producing animals, the summary indicator of susceptibility to all antimicrobials has increased in *E. coli* in just under 25% of Member States (6 countries) over the period 2014-2018. This is a positive development as it means that in these countries, in case of need, treatments with antimicrobials would have a higher chance to be successful. Decreasing trends in the occurrence of extended-spectrum β -lactamase (ESBL) or AmpC-producing *E. coli* have been observed in about 40% Member States (11) during 2015-2018. This is also important because ESBL-AmpC producing *E. coli* are responsible for serious infections in humans.

Regarding last-line antimicrobials, resistance to colistin was not common in *Salmonella* and *E. coli*, and carbapenemase-producing *E. coli* were not detected in broilers, turkeys and broiler meat.

In humans, the decline in resistance to ampicillin and to tetracyclines in *Salmonella Typhimurium* in many countries is another encouraging trend observed in 2013-2018.

Food Safety News

Experts say coronavirus likely not spread by foodborne routes

Public health officials and academics agree that the coronavirus poses little danger from a foodborne illness perspective, right now, but some are maintaining a slight level of vagueness about the situation.

"While it is theoretically possible the virus could be transmitted via food, based on everything we know, the risk of foodborne transmission is dramatically smaller – perhaps by millions of times – than the risk by airborne droplets," Donald W. Schaffner, extension specialist in food science and Distinguished Professor at Rutgers University, told **Food Safety News**.

Schaffner has done extensive research in quantitative microbial risk assessment, predictive food microbiology, handwashing and cross-contamination. He frequently works with Ben Chapman, professor and food safety specialist with the Department of Agricultural and Human Sciences at North Carolina State University.

Chapman agrees that the risk of foodborne transmission of the coronavirus – now sometimes being called SARS-CoV-2 – is low. It hasn't been documented at all yet. But there are cross-contamination concerns.

"Since coronavirus is a respiratory virus we believe that it is contracted only by inhalation or similar mechanism (such as) sticking your finger in your nose, when your finger has a virus on it. If it was in food it would be destroyed by proper cooking," Chapman told **Food Safety News**.

The U.S. Centers for Disease Control and Prevention reports the virus is generally spread person-to-person through respiratory droplets from sneezing, coughing and talking.

"Currently there is no evidence to support transmission of SARS-CoV-2 associated with food," according to the CDC. "It may be possible that a person can get SARS-CoV-2 by touching a surface or object that has the virus on it and then touching their own mouth, nose, or possibly their eyes, but this is not thought to be the main way the virus spreads."

There is a chance of cross contamination from hard surfaces such as door handles, cooking utensils, countertops and other items, but that danger is low, according to the CDC.

"... because of poor survivability of these coronaviruses on surfaces, there is likely very low risk of

spread from food products or packaging that are shipped over a period of days or weeks at ambient, refrigerated, or frozen temperatures,” the CDC reports.

International health officials, who have declared the coronavirus outbreak a global threat, also say the chance of foodborne transmission is of small concern.

The virus has similar characteristics of SARS and MERS viruses, which are not spread through food. The World Health Organization reports there is not yet any evidence to support the theory that the virus is spread through food. Some concerns about food had been voiced when initial reports of the virus started coming out of China because the first patients had visited the same food market.

Unlike some other viruses, such as norovirus and hepatitis A virus that survive in food, the coronaviruses cannot grow in food, according to international public health officials. The coronavirus needs an animal host, which includes humans, to grow.

Recommendations for the single most effective weapon against the virus are a unanimous call for increased diligence in hand washing.

“The respiratory virus risk in restaurants is really more about being in the same location as a lot of people, some of who can be depositing the virus on surfaces like tables, doors, menus and managing that with a hand washing and alcohol-based sanitizer regime is an effective step to reduce risks of both COVID-19 and influenza,” said Chapman.

Microbial recalls up but overall alerts down in Australia

Undeclared allergens and microbial contamination were responsible for the majority of recalls in Australia this past year.

Undeclared allergens caused 32 of the 87 recalls in 2019 while 30 were due to microbial contamination. In 2018, 46 recalls were because of allergens and 20 due to microbial contamination out of 100.

Food Standards Australia New Zealand (FSANZ) collects data on Australian food recalls so trends can be identified as well as common problems in the industry.

Recalls are classified by FSANZ under microbial contamination, labelling, foreign matter, chemical/other contaminants, undeclared allergen, biotoxin and other.

Between January 2010 and December 2019, FSANZ coordinated 707 recalls. The average per year for the last 10 years is 71.

The type mostly associated with a recall is mixed and/or processed food but this is likely due to the range in this category, including most long-life packaged food and manufactured items with multiple ingredients. Breads and bakery products, including biscuits, cakes and pastries, is the second largest type associated with recalls.

For the last 10 years, most recalls have been due to undeclared allergens with 283 or 40 percent of all recalls during this period, and microbial contamination at 181 or 26 percent of all recalls. Recalls due to undeclared allergens continue to rise, however microbial ones are also increasing. Foreign matter recalls are decreasing.

Listeria monocytogenes, Salmonella and E. coli are most commonly associated with microbial food recalls. Meat, dairy and mixed and/or processed foods are the main items recalled due to Listeria monocytogenes contamination.

There was an increase in Salmonella related recalls in 2019 due to multiple alerts for Salmonella Enteritidis. Recalls for Listeria decreased from 74 to 66 in the 10 year period.

A range of foods are recalled due to Salmonella spp. contamination. Eggs and fruits, vegetables and herbs were the most common categories. Fruits, vegetables and herbs recalled were mainly lettuce, sprouts, rockmelon (cantaloupe), fresh parsley and dried herbs.

Dairy products are more commonly recalled due to concerns with process hygiene, indicated through E. coli testing, than other categories. Other products recalled for E. coli include fresh sprouts, salads and mixed and/or processed foods.

During the last decade, undeclared milk has been the most common allergen related recall, making up 30 percent of all such recalls. Multiple allergens is the second most common type, accounting for 18 percent. Fourteen percent contained peanut as an undeclared allergen.

The most common food type recalled due to undeclared allergens is mixed and/or processed food, accounting for 30 percent of all such recalls. This includes snack foods, custard powders and frozen meals. Confectionery was second with 14 percent and breads and bakery products third at 12 percent on the list.

Between 2010 and 2019, there were 101 recalls due to foreign matter. The most common types found were metal, plastic and glass with only a few due to wood or rubber.

Recalls due to biotoxins ranged over the past 10 years between one and 15 per year. The total number of recalls in this period was 41. Paralytic

shellfish toxin found in oysters and mussels accounted for 63 percent of foods recalled. Next is hydrocyanic acid, a naturally occurring cyanide in tapioca chips and apricot kernels, with 17 percent of recalls. Histamine, aflatoxin, and ciguatera also featured in this category.

The number of recalls due to chemical and other contaminants between January 2010 and December 2019 was 20. Other contaminants and cleaning and sanitizing agent contamination made up 35 percent and 30 percent of recalls while 15 percent were due to heavy metals.

Researchers boost *Bacillus cereus* knowledge

Scientists from an Australian university have discovered another toxin produced by *Bacillus cereus*. Researchers at the Australian National University (ANU) showed how the toxin can empoison cells, even when the body has fought off others.

The toxin, called NHE (non-hemolytic enterotoxin), attacks all types of cells in the body by anchoring itself and punching holes in the cell membrane, according to the study published in the [journal Nature Communications](#).

Professor Si Ming Man and colleagues studied *Bacillus cereus*, which is responsible for producing toxins that cause diarrhea and vomiting, and for helping the bacteria to multiply.

“Now, we’ve discovered another toxin that’s equally capable of destroying cells. Or, to put it another way – we’re slowly learning the many tricks of bacteria – the toolbox they use to infect us. This means if one of the tools is lost or neutralized by the immune system, the bacteria have a back-up that still allows them to infect and cause disease,” he said.

There are an estimated 4.1 million cases of food poisoning in Australia, resulting in 31,920 hospitalizations, 86 deaths and one million visits to doctors on average every year.

Szerzőink / Authors

AMBRUS Árpád Prof. Dr. Debreceni Egyetem, Táplálkozás- és Élelmiszertudományi Doktori Iskola
University of Debrecen, Doctoral School of Nutrition and Food Sciences

BALÁZS Bálint Környezeti Társadalomkutatók – ESSRG Kft
Environmental Social Researchers – ESSRG Kft.

CSAPÓ János Prof. Dr. Debreceni Egyetem és Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Csíkszeredai Campus
University of Debrecen, Faculty of Agriculture, Food Science and Environmental Management and Sapientia Hungarian University of Transylvania, Campus of Miercurea Ciuc

DOMINEK Márk Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechatronika,
Optika és Gépészeti Informatika Tanszék
Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechatronics,
Optics and Mechanical Engineering Informatics

DUDÁS Gyula Dr. Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ – Agrárgazdasági Kutatóintézet
National Agricultural Research and Innovation Center – Research Institute of Agricultural Economics

GRIFF Tamás Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóság
National Food Chain Safety Office, Directorate of Plant Protection, Soil Conservation and Agri-environment

KEREKES Kata Dr. Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Rendszerszervezési és Felügyeleti Igazgatóság
National Food Chain Safety Office, System Management and Supervision Directorate

MIKLÓS Gabriella Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum Nonprofit Kft., Székesfehérvári Regionális Élelmiszerlánc
Laboratórium
Food Chain Safety Office, Regional Food Chain Safety Laboratory

NAGY Balázs Vince Dr. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechatronika,
Optika és Gépészeti Informatika Tanszék
Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechatronics,
Optics and Mechanical Engineering Informatics

NYITRAI Ákos Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechatronika,
Optika és Gépészeti Informatika Tanszék
Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechatronics,
Optics and Mechanical Engineering Informatics

SIPOS László Dr. Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Árukezelési és Érzékszervi Minősítési Tanszék
Szent István University, Faculty of Food Science, Department of Postharvest Science and Sensory Evaluation

SZABÓ Dániel Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechatronika,
Optika és Gépészeti Informatika Tanszék
Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechatronics,
Optics and Mechanical Engineering Informatics

SZAKÁL Diana Környezeti Társadalomkutatók – ESSRG Kft.
Environmental Social Researchers – ESSRG Kft.

SZALAY Anna Magyar Szabványügyi Testület
Hungarian Standards Institution

SZENCZI-CSEH Júlia Önálló élelmiszer-biztonsági szakértő
Independent Food Safety Expert

SZIGETI Tamás János Dr. WESSLING Hungary Kft.
WESSLING Hungary Ltd.

SZUNYOGH Gábor WESSLING Hungary Kft.
WESSLING Hungary Ltd.

SZÜCS Viktória Dr. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara
Hungarian Chamber of Agriculture

URBIN Ágnes Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechatronika,
Optika és Gépészeti Informatika Tanszék
Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechatronics,
Optics and Mechanical Engineering Informatics

VÁSÁRHELYI Adrien Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Élelmiszerlánc-biztonsági Laboratórium Igazgatóság
National Food Chain Safety Office, Food Chain Safety Laboratory Directorate

Kiadó / Publisher: Wessling Nemzetközi Kutató és Oktató Központ Nonprofit Kft. / Wessling International Research and Educational Centre Nonprofit Ltd. / **HU ISSN 2676-8704**

Felelős kiadó / Director: Dr. ZANATHY László ügyvezető igazgató / CEO

Főszerkesztő / Editor in chief: Dr. SZIGETI Tamás János

Szerkesztő / Editor: KONECSNY Tímea, SZUNYOGH Gábor

Angol fordítás / English translation: Dr. HANTOSI Zsolt

Honlap adminisztrátor / web admin.: JUHÁSZ Péter

Szerkesztőbizottság / Editorial Board: AMBRUS Árpád Dr. (ny. egy. tanár, NÉBIH főtanácsadó / ret. univ. prof., NFCSO chief advisor) • BÁNÁTI Diána Dr. (egy. tanár, DE / univ. prof., UD) • BARNÁ Sarolta Dr. (ig., NÉBIH KÉI / dir. NFCSO Directorate of Risk Assessment) • BÉKÉS Ferenc Dr. (az MTA külső tagja, igazgató, FBFD PTY LTD NSW Ausztrália / External Member of Hung. Acad. Sci., director of FBFD PTY LTD NSW Australia) • BIACS Péter Dr. (ny. egy. tanár, SZIE / ret. univ. prof. SZIU) • BIRÓ György Dr. (ny. egy. tanár, SOTE Egészségtudományi Kar / ret. univ. prof., SMU Faculty of Health Sci.) • BOROSS Ferenc Dr. (ív. elnök, EOQ MNB / executive chairman, EOQ HNC) • CSAPÓ János Dr. (egy. tanár, Debreceni Egyetem, Sapientia Egyetem, Csíkszeredai Kar / univ. prof., Univ. Debrecen, Sapientia Univ., Miercurea Ciuc) • DANK Magdolna Dr. (egyetemi tanár Semmelweis Egyetem Onkológiai Intézet / uni. prof. Semmelweis University, Inst. of Oncology) • FARKAS József Dr. (ny. egy. tanár, akadémikus / ret. univ. prof., academician) • GAGÁN Anita (J.S. Hamilton Hungary Kft.) • GYIMES Ernő Dr. (egy. docens, Szegedi Egyetem Mérnöki Kar / univ. docent, Univ. Szeged Faculty of Eng.) • GYÓRI Zoltán Dr. (ny. egy. tanár, Debreceni Egyetem / ret. univ. prof., Univ. Debrecen) • HANTOSI Zsolt Dr. (angol nyelvi lektor, WESSLING Hungary Kft. / english lector, WESSLING Hungary Kft.) • HUSZTI Zsolt Dr. (Váli MEGÉR-TÉSZ / Prod. and Market. Cooperatives Váli) • KASZA Gyula Dr. (elnöki tanácsadó / presidential advisor, NÉBIH) • KONECSNY Tímea (szerkesztő, WESSLING Hungary Kft. / editor, WESSLING Hungary Kft.) • KOVÁCS Béla Dr. (egy. tanár, Debreceni Egyetem / univ. prof., Univ. Debrecen) • MARÁZ Anna Dr. (egy. tanár, SZIE / univ. prof., SZIU) • MOLNÁR Pál Dr. (egy. tanár, elnök, EOQ MNB / univ. prof., chairman, EOQ HNC) • NAGY Edit (főtitkár, MAVÍZ / secretary general, Hungarian Water Utility Association) • POPOVICS Anett Dr. (egyetemi adjunktus, Óbudai Egyetem, Keleti Károly Gazdasági Kar / senior lecturer, University of Óbuda, Keleti Károly Faculty of Economics) • SALGÓ András Dr. (ny. egy. tanár, BME / ret. univ. prof. / BTU) • SÁRDI Éva Dr. (egyetemi tanár SZIE Genetika és Növénynevelés Tanszék / univ. prof. Dept. of Genetics and Plant Breeding) • SIMONNÉ SARKADI Livia Prof. Dr. habil. (egy. tanár, SZIE Élelmiszertudományi Kar / univ. prof., SZIU Faculty of Food Sci.) • SIPOS László Dr. (egy. docens, SZIE / univ. docent, SZIU) • SOHÁR Pálné Dr. (ny. fő. vez., NÉBIH / ret. head of dept., NFCSO) • SZABÓ S. András Dr. (tanár, Ward Mária Gimnázium / prof., Ward Mária High School) • SZALAY Anna (szabványosító menedzser, Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) / standardization manager, Hungarian Standards Institution (HSI)) • SZEITZNÉ SZABÓ Mária Dr. (ig., NÉBIH KÉI / deputy director, NFCSO Directorate of Risk Assessment) • SZIGETI Tamás János Dr. (főszerkesztő, Wessling Nonprofit Kft. / editor in chief, Wessling Nonprofit Ltd.) • SZUNYOGH Gábor (szerkesztő, Wessling Nonprofit Kft. / editor, Wessling Nonprofit Ltd.) • TÖMÖSKÖZI Sándor Dr. (egy. docens, BME / univ. docent, BTU) • VARGA László Dr. (egy. tanár, Ny-Mo Egy. Élelmiszer-tud. Intézet / univ. prof., Univ. of West Hungary, Inst. for Food Sci.) • WESSLING, Diana (a családi vállalkozás képviselője, résztulajdonos / representative family business, share holder, WESSLING Holding GmbH & Co. KG, Altenberge, Germany) • ZANATHY László Dr. (felelős kiadó, ügyvezető ig., Wessling Nonprofit Kft. / CEO Wessling Nonprofit Ltd.)

Nyomdai előkészítés / Layout dtp: Adworks Kft., E-mail: info@adworks.hu

Nyomda / Press office: Készült a Possum Kft. gondozásában. (1093 Budapest, Lónyay utca 43.)

Elérhetőségeink / Contact: H-1045 Budapest, Anonymus utca 6., Telefon/Phone: +36 1 872-3600, +36 1 872 3621; Fax: +36 1 435 01 00, Mobil phone: +36 30 39 69 109, E-mail: eviko@wirec.eu; Web: www.eviko.hu

Előfizetés, hirdetés / subscription, advertising: Konecsny Tímea, Tel. +36 20 535-1160, E-mail: eviko@wirec.eu, Előfizetési díj egy évre/Subscription for one year: bruttó 4620 Ft. /15 €.

2015-től minden előfizetőnk gratísz lehetőséget kap a folyóirat digitális változatának letöltésére is. From 2015 the subscription includes both the printed and digital version (every subscriber will get the printed journal and additionally gratis a possibility to download the electronic version too).

A lap negyedévente jelenik meg. / This journal appears quarterly in a year.

Minden jog fenntartva! / All right reserved!

A hivatkozással nem rendelkező képek illusztrációk. / The pictures without any references are illustrations.

A kiadó írásbeli hozzájárulása nélkül tilos a kiadvány bármilyen eljárással történő sokszorosítása, másolása, illetve az így előállított másolatok terjesztése. / Without the written permit of the publisher, duplication, copying or dissemination of this paper by any way is prohibited.

Az Élelmiszervizsgálati Közleményeket a Wessling Nemzetközi Kutató és Oktató Központ Közhasznú Nonprofit Kft. adja ki a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatallal (NÉBIH) együttműködve. / This Journal of Food Investigation is issued by the Wessling International Research and Educational Centre Beneficial Nonprofit Ltd. with cooperation the National Food Chain Safety Office (NÉBIH).

A szakfolyóiratot a következő figyelő szolgáltatások vették jegyzékbe és referálják / The Journal of Food Investigation is have been referred and listed by the next monitoring services: SCOPUS, SCIMAGO, MATARKA (Magyar folyóiratok tartalomjegyzéke/Hungarian Periodicals Table of Contents), Thomson Reuters, Elsevier's Abstracting and Indexing Database

 **WESSLING**
WESSLING Nemzetközi Kutató és Oktató
Központ Nonprofit Kft. (WIREC)

 **nébih**
termőföldtől
az asztalig



Thermo Scientific:

AA, ICP-OES és ICP-MS spektrométerek

ED-XRF készülékek

Kompakt NMR spektrométerek

UV/látható spektrométerek

Automata fotometriás analízátorok

C, H, N, S, O elemanalizátor

FTIR, Raman és NIR spektrométerek, mikroszkópok

Hordozható Raman, NIR és XRF spektrométerek

GC, kvadrupol GC/MS és GC/MS/MS

Automatizált SPE és ASE mintaelőkészítők

HPLC, UHPLC, nano-LC

Kvadrupol és ioncsapdás LC/MS

Orbitrap hibrid HR/AM LC/MS és GC/MS

Ionkromatográfok

Kromatográfiás oszlopok, kiegészítők és fogyóanyagok

Thermo
S C I E N T I F I C
DISTRIBUTOR



Olympus:

Mikroszkópok

OLYMPUS
Your Vision, Our Future



Hitachi:

Elektronmikroszkópok

HITACHI

PS Analytical:

Atomfluoreszcenciás Hg, As, Se, stb. analízátorok



Trace Elemental Instruments:

TOC, TN, TS, TX, AOX meghatározók

HunterLab:

Színmérő készülékek

Peak Scientific:

Gázgenerátorok



iX Cameras:

Nagysebességű kamerák