

AMBRUS Árpád¹– SZENCZI-CSEH Júlia²

Abstract

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

Keywords

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

Absztrakt

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

Kulcsszavak

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

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

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

RÖVIDÍTÉSEK

ADI: Acceptable Daily Intake, elfogadható napi bevitel

ARfD: Acute Reference Dose, akut referencia dózis

bw (tt): bodyweight, testtömeg [kg]

CAC: Codex Alimentarius Commission, Codex Alimentarius Bizottság

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

EC: European Commission, Európai Bizottság

EDI: Estimated Daily Intake, becsült napi bevitel

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

EPC: European Parliament and Council, Európai Parlament és Tanács

ESTI: Estimated Short Term Intake, becsült rövidtávú bevitel

EU: European Union, Európai Unió

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

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

GAP: Good Agricultural Practice, Helyes Mezőgazdasági Gyakorlat

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

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

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

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

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

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

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

USA: United States of America, Amerikai Egyesült Államok

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

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

BEVEZETÉS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

A NÖVÉNYVÉDŐSZEREK ENGEDÉLYEZÉSI ELJÁRÁSAI

Engedélyezési eljárás az Európai Unióban

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

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

¹ Vizsgált termékek.

² Vizsgált minták száma.

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

⁴ A határértéket meghaladó szermaradékot tartalmazó minták aránya.

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

⁶ A kimutatási határ alatti szermaradékot tartalmazó minták aránya.

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

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

Engedélyezési eljárás a tengerentúlon

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

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

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

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

A FOGYASZTÓK RÖVID ÉS HOSSZÚTÁVÚ NÖVÉNYVÉDŐSZER-MARADÉK KITETTSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA

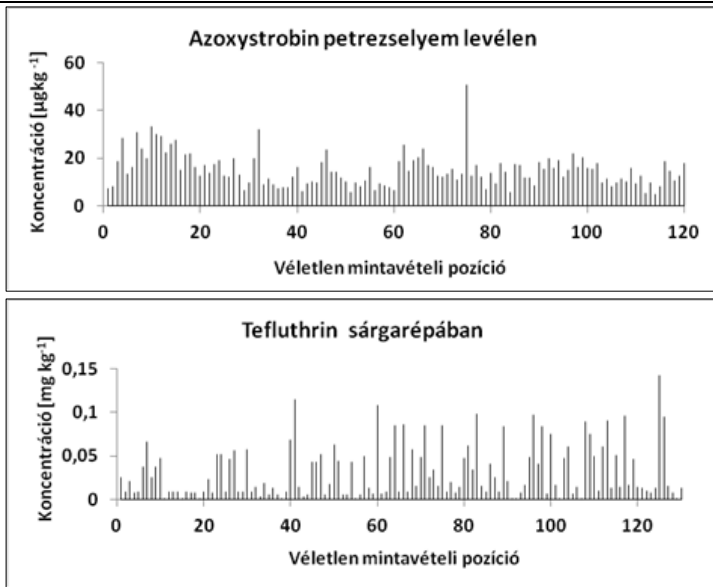
A növényvédőszer felhasználás engedélyezésének egyik alapvető kritériuma az, hogy azok előírás szerinti okszerű felhasználása esetén a fogyasztók egészségét nem károsító szermaradékok maradhatnak csak a betakarított terményben. Az egészségügyi referencia értékek akut és krónikus hatású vegyületek esetén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

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

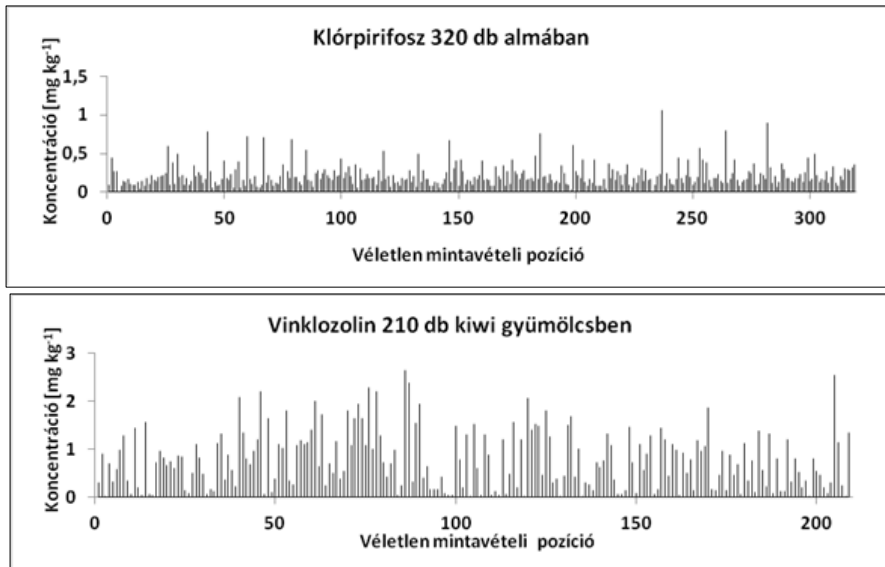
Akut esetben egy legfeljebb 24-órás időszakra vonatkozik a referenciaérték, míg a krónikusnál a megadott napi mennyiséget egy egész életen át fogyasztva sem várható káros egészségi hatás, a referenciaértékek megállapításakor rendelkezésre álló összes tudományos eredmény alapján. A referenciaértékeket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

A fogyasztók rövidtávú kitétségeinek számítása

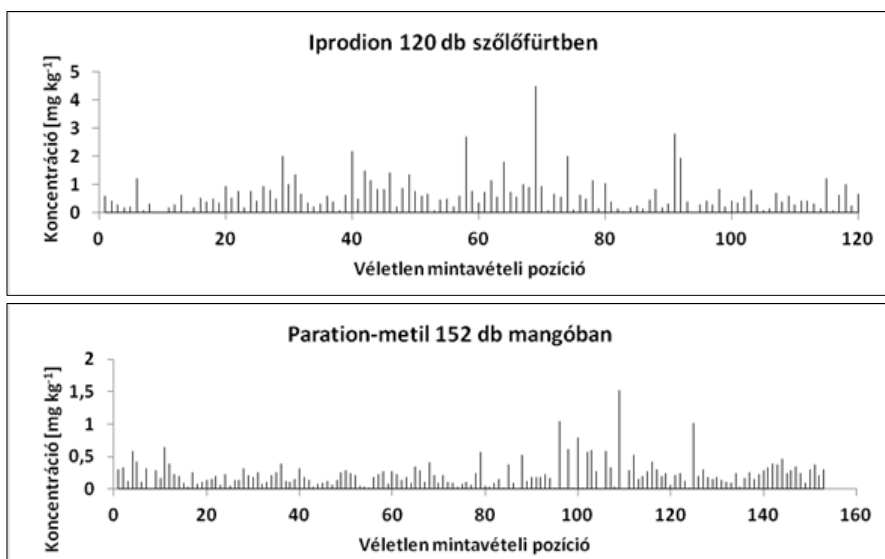
A számítás alapelve az, hogy az egyes személyek esetenként bizonyos élelmiszerekből az átlagosnál sokkal nagyobb mennyiséget fogyaszthatnak. Ha egy élelmiszerből egy alkalommal nagy mennyiséget fogyasztunk (large portion), akkor az étkezés során a menüben szereplő további ételekből csak legfeljebb átlagos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



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

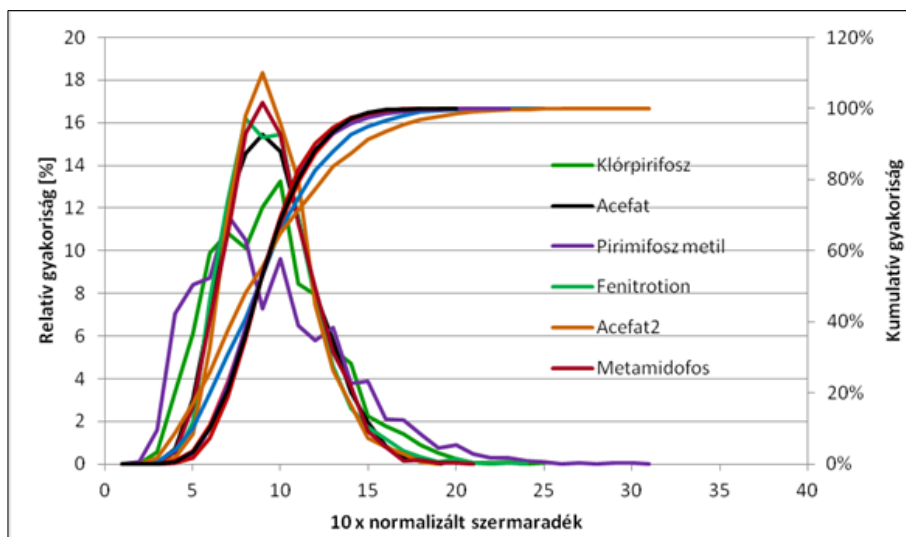


2. Ábra: Szermaradékok közepes méretű gyümölcsökben (saját szerkesztés)

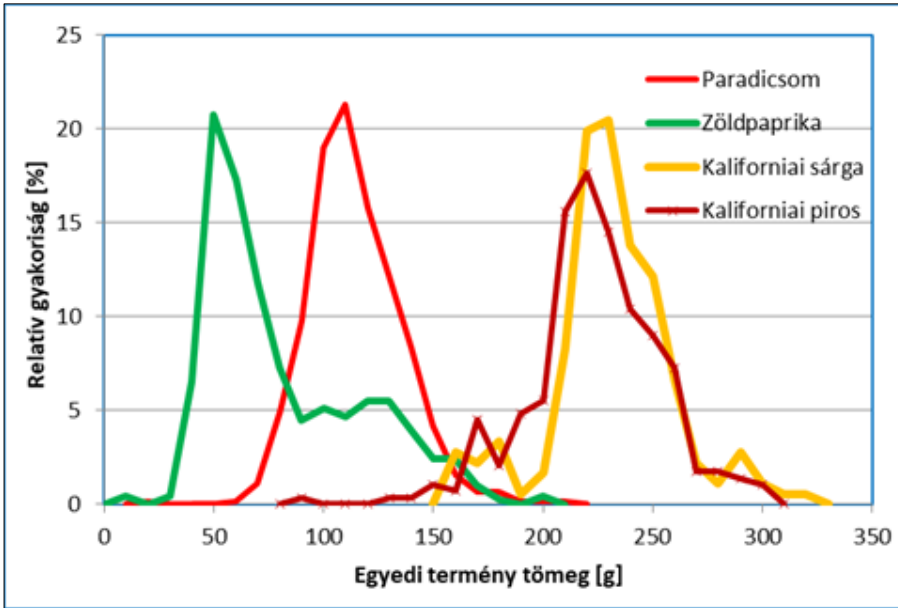


2. Ábra (folytatása): Szermaradékok közepes méretű gyümölcsökben (saját szerkesztés)

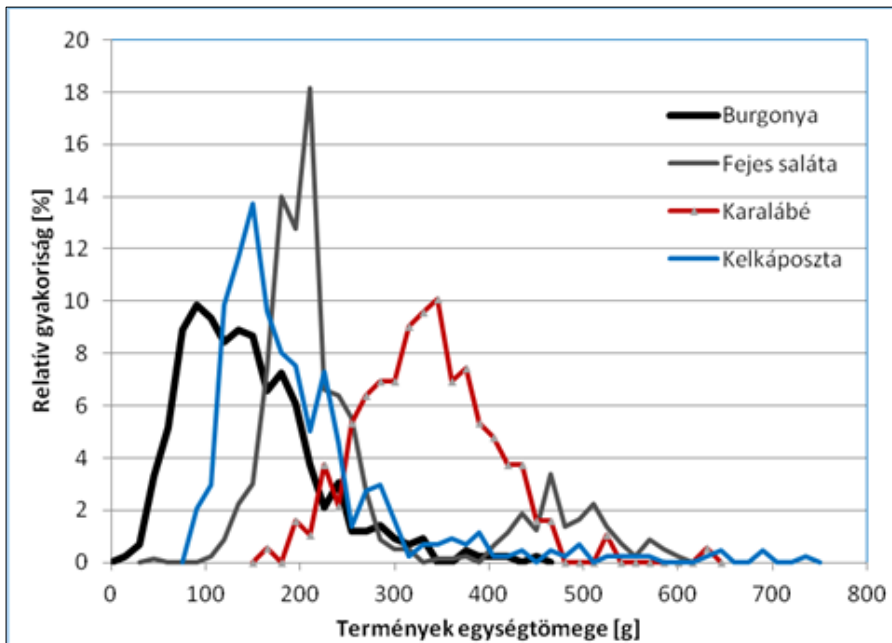
A szermaradékoknak az elemi mintákban (egy db gyümölcs vagy a termőterületen egy helyről vett maréknyi leveles zöldség) tapasztalható jelentős koncentráció-különbség természetesen a 10 elemi mintát tartalmazó és legalább 1 kg tömegű összetett minták szermaradék tartalmában is igen jelentős különbséget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



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



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



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

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

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

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

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

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

A számításnál két fő esetet különböztetünk meg:

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

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

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

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

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

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

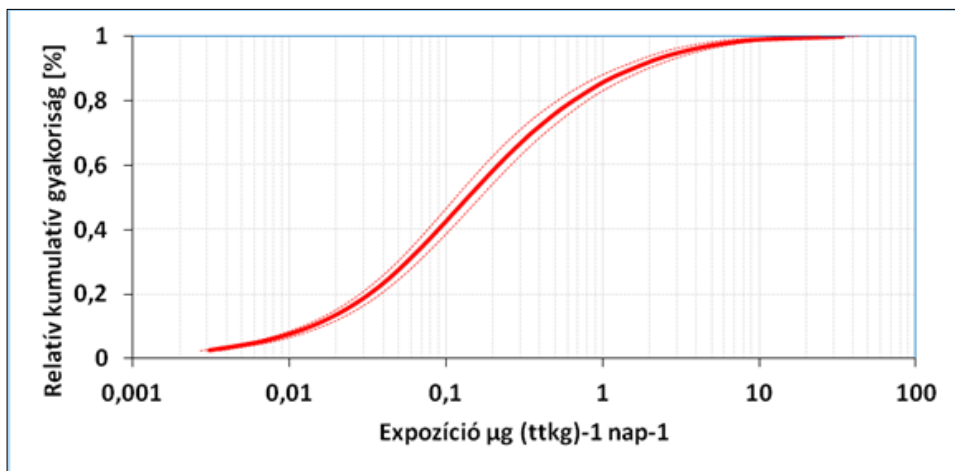
A 2. és 3. egyenlet a fogyasztói expozícióra egy pontszerű becslést ad, ami lefedi az adott élelmiszert fogyasztók 97,5%-át, de nem ad információt az expozíció eloszlására. Emiatt a különböző kémiai szennyező anyagok, növényvédőszer-maradékok pontosabb expozícióbecslésére egyre inkább elterjedt a probabilisztikus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

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

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

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

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



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

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

A fogyasztók hosszútávú kitétségének számítása

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

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

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

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

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

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

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

Bizonytalanságbecslés

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

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

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

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

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

A MONITORING VIZSGÁLATOK ÉS AZ EPIDEMIOLOGIAI FELMÉRÉSEK SZÜKSÉGESSÉGE

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

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

ÖSSZEFOGLALÁS - JAVASLATOK

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

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

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

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

FELHASZNÁLT FORRÁSOK

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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