



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

Ambrus Árpád<sup>1</sup>, Szenczi-Cseh Júlia<sup>2</sup>, Griff Tamás<sup>3</sup>, Kerekes Kata<sup>4</sup>, Miklós Gabriella<sup>5</sup>,  
Vásárhelyi Adrien<sup>6</sup>, Szigeti Tamás János<sup>7</sup>

Érkezett: 2019. november – Elfogadva: 2020. február

# Élelmiszereink mikotoxin és növényvédőszer-maradék szennyezettségének élelmiszer- biztonsági 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 alaposágú 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 Élelmiszerügyi és Mezőgazdasági Szervezete

GAP: Good Agricultural Practice; Helyes Mezőgazdasági Gyakorlat

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem, Táplálkozás- és Élelmiszertudományi Doktori Iskola

<sup>2</sup> Önálló élelmiszer-biztonsági szakértő

<sup>3</sup> Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóság

<sup>4</sup> Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Rendszerszervezési és Felügyeleti Igazgatóság

<sup>5</sup> Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum Nonprofit Kft.

<sup>6</sup> Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Élelmiszerlánc-biztonsági Laboratórium Igazgatóság

<sup>7</sup> WESSLING Hungary Kft.

GLP: Good Laboratory Practice; Helyes Laboratóriumi Gyakorlat

HPLC: High Pressure (Performance) Liquid Chromatography; nagynyomású, nagy teljesítményű folyadék-kromatográfia

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

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

LC<sub>50</sub>: 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 elvártóztást 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 növényvédő szerek 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 növényvédő szerek okszerű felhasználása érdekében teendő intézkedésekre.

### **2.1. A növényvédő szerek forgalomba helyezésének szabályozása és az okszerű felhasználás ellenőrzése**

Az intenzív nagyüzemi mezőgazdasági termelés napjainkban elképzelhetetlen növényvédő szerek 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 növényvédő szerek a kezelt termés felületén maradjanak, 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 növényvédő szerek 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 növényvédő szerek engedélyezését követően az analitikai- és a

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 keretein belül vizsgálják felül, a már kiadott felhasználási engedélyt pedig – amennyiben szükséges – az előny-kockázat arányának a figyelembevételével módosítják.

Hazánk nemzetközi viszonylatban évtizedeken keresztül élenjár a növényvédő szerek 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 perzisztens 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 perzisztens 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 fenoxiecsav-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 növényvédő szerek toxicitását leggyakrabban az LD<sub>50</sub>, LC<sub>50</sub>, NOAEL, LOAEL, ADI, illetve ARfD értékekkel jellemzik [11]. A forgalomban lévő növényvédőszer-hatóanyagok toxicitása tág határok között mozog. A JMPR keretein 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 növényvédőszer 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 komponens 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 értékeli, 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 növényvédőszer elírásoknak megfelelő okoszerű 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 szermaradékot 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 komponens 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-maradékaik 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.

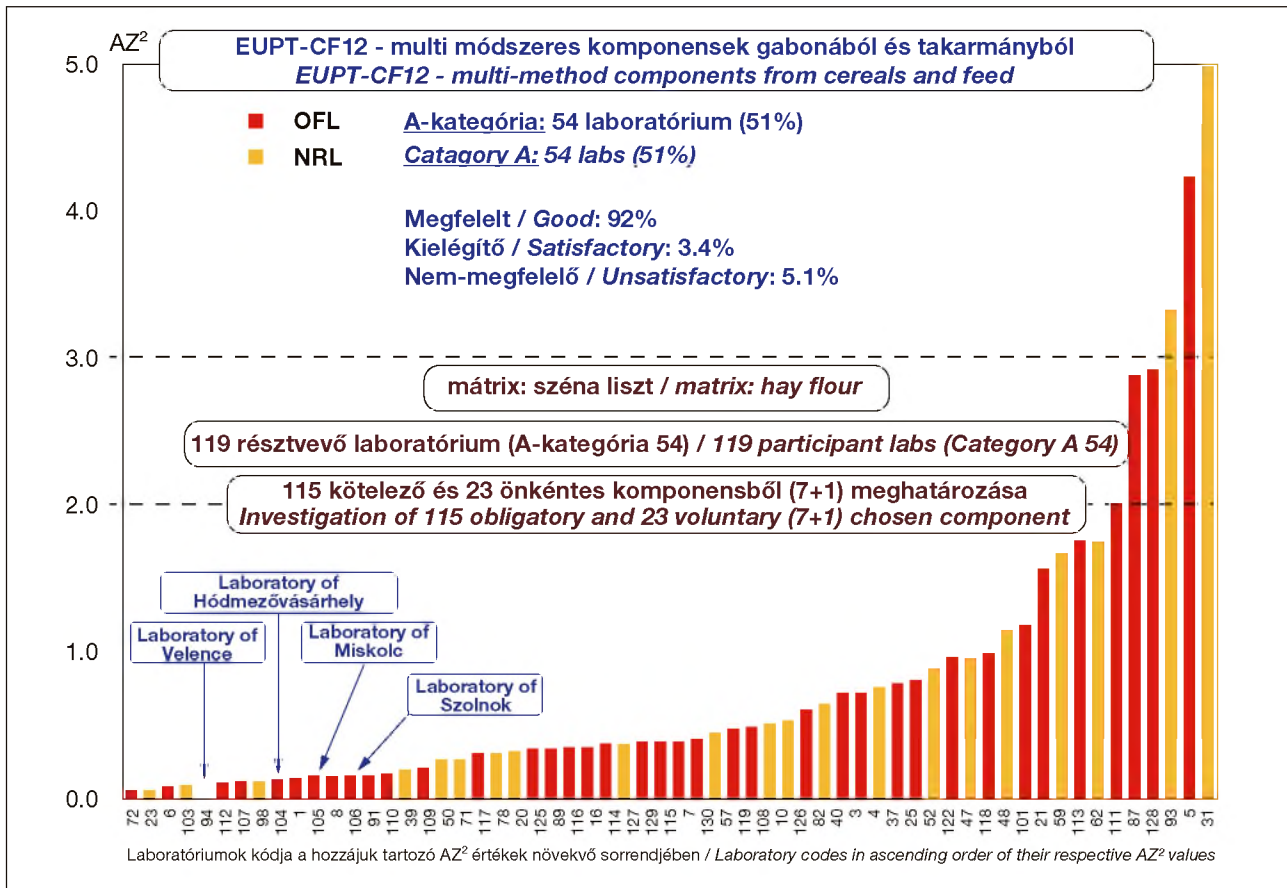
A laboratóriumok az MSZ EN ISO/IEC 17025:2018 (továbbiakban ISO17025) szerint akkreditáltak, emellett a szolnoki laboratórium a GLP minőségbiztosítási rendszerben is tanúsított. A megbízható eredmények elérésének követelményeit és a minőségbiztosítási mérések statisztikai kiértékelésének módszereit külön 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 ( $\mu$ ) és a mérések jellemző szórását ( $\sigma$ ). A jelentett koncentrációval ( $x$ ) kiszámítják az adott komponens sztenderd normál változóját (standard normal variate):

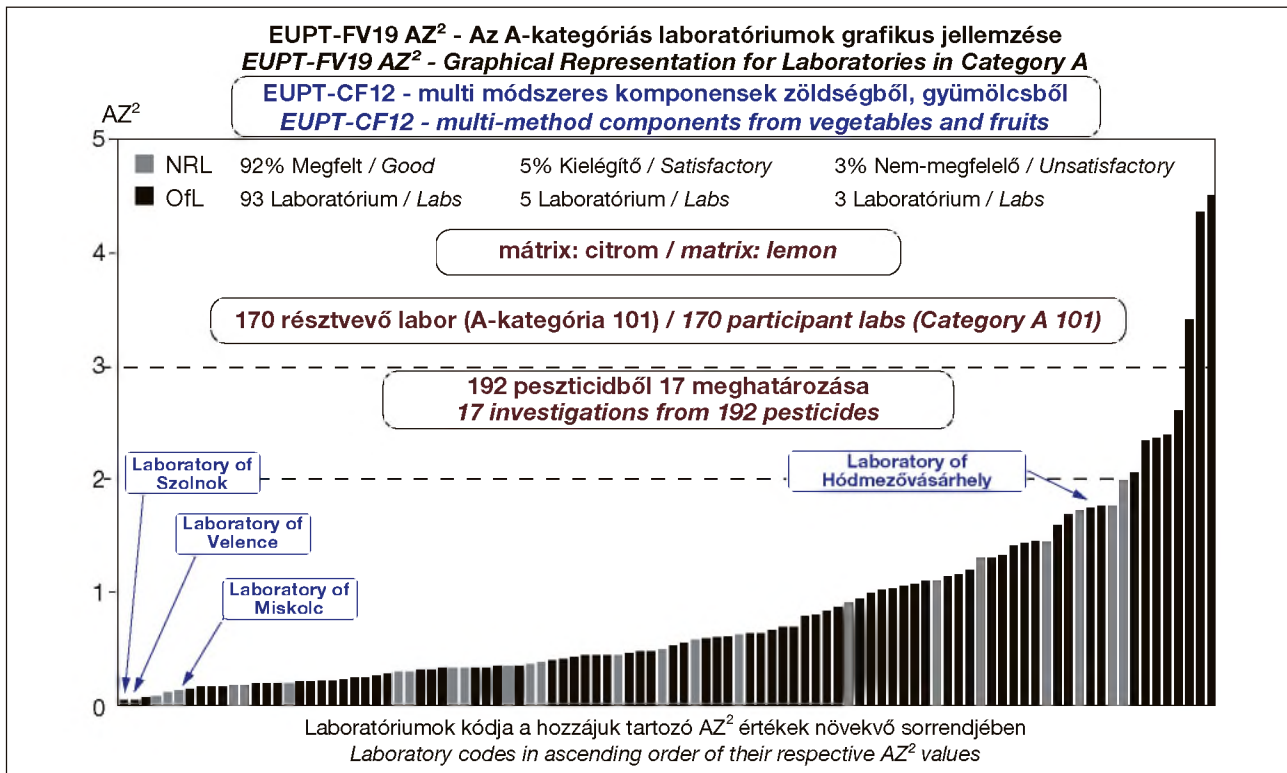
$$z_i = \frac{x_i - \mu_i}{\sigma} \quad (1)$$

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,  $2 \leq AZ \leq 3$  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 „büntetik”.

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 mintavételek 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.

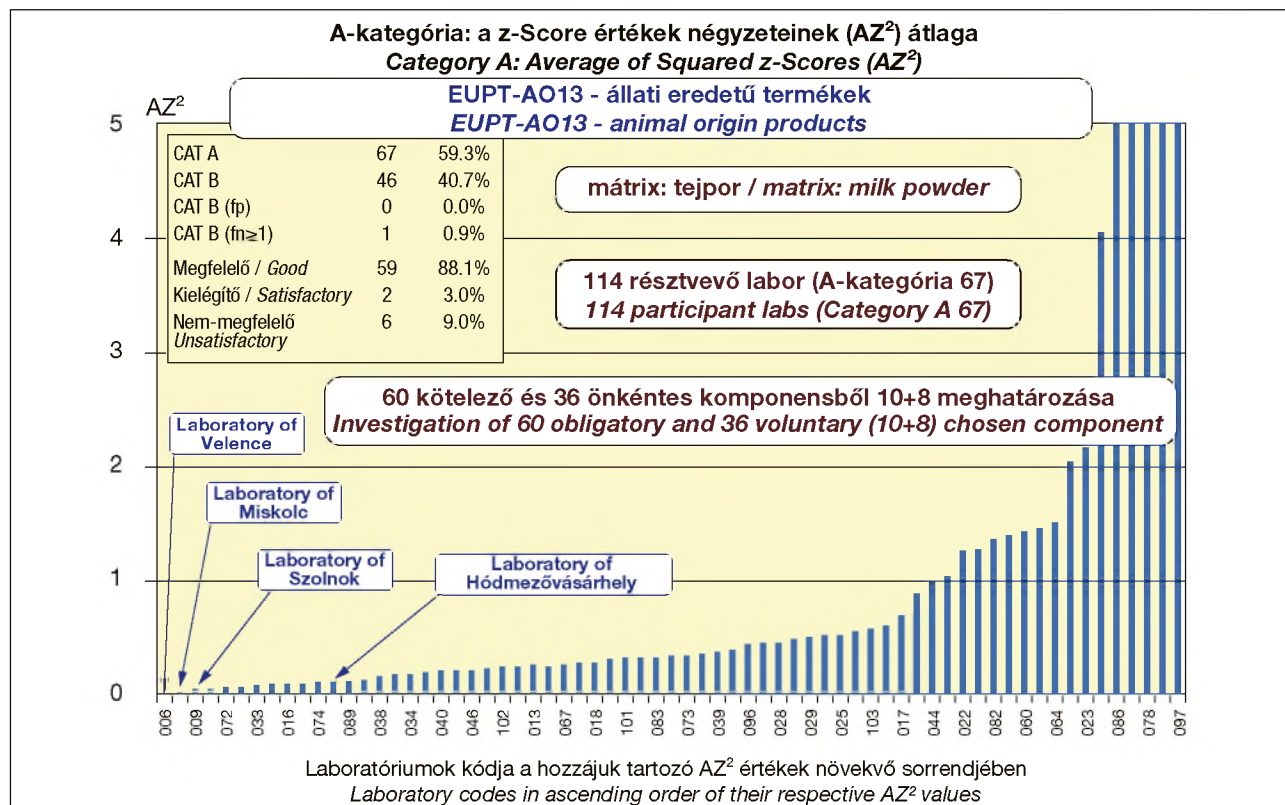
A növényvédőszer-maradék vizsgálatok kockázatalapú mintavételi tervét egy háromlépcsős modell (4. ábra) felhasználásával készíti el egy, a különbö-

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].

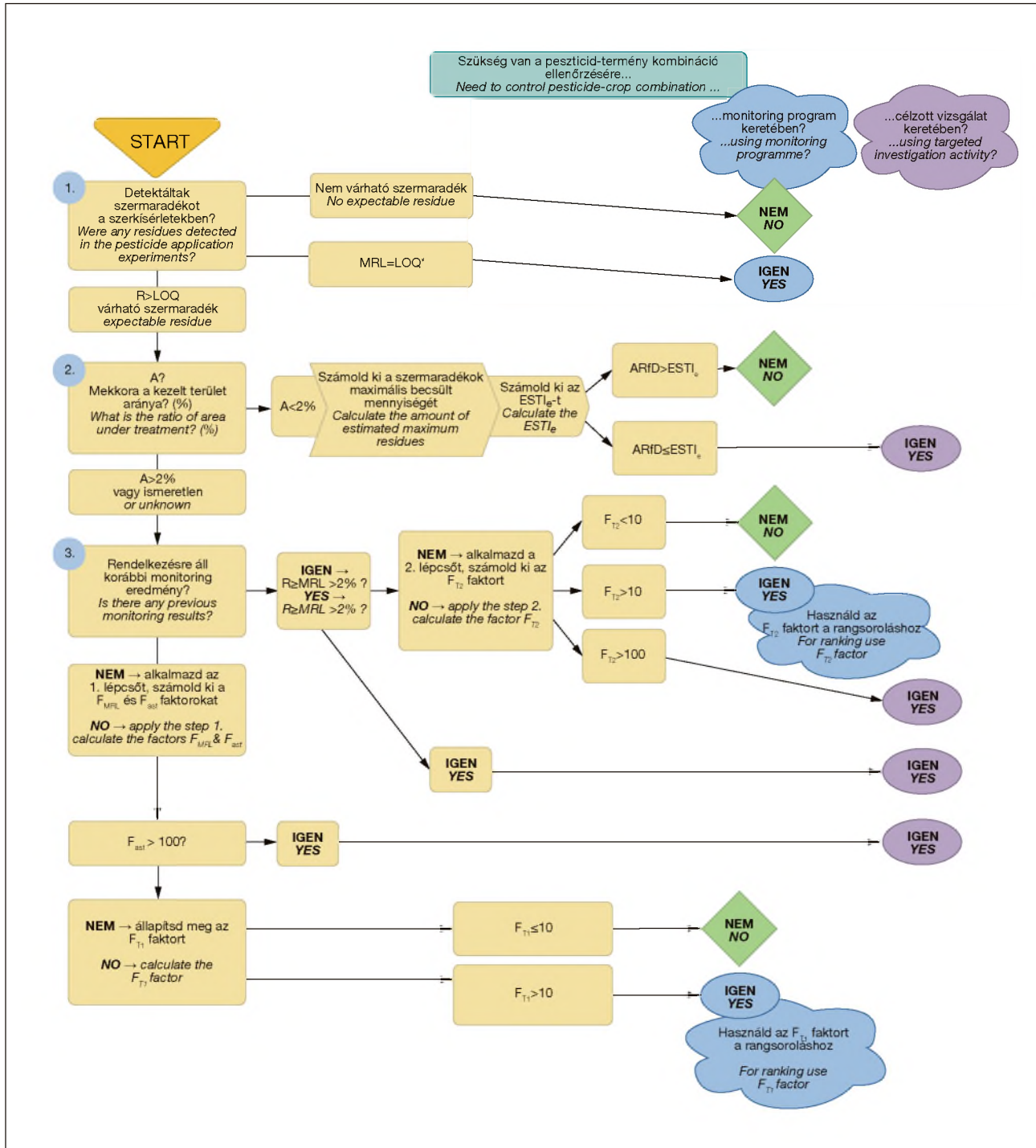


3. ábra. Az EUPT-A013 körvizsgálat eredménye (a 4 magyarországi laboratórium kiemelésével)  
 Figure 3. Result of EUPT-A013 ring test (highlighted the 4 Hungarian laboratories)

A szermaradékértékek kiválasztott percentilisének ( $\beta_p$ ) meghatározott valószínűségű ( $\beta_t$ ) 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  $\leq$ MRL, akkor véletlen kiválasztás alapján legalább 149 tételt kell



4. ábra. Döntési séma a háromszintű monitoring tervezési modellhez. Rövidítések, jelölések: A: kezelt terület aránya (%),  $ESTI_e$ : 95%-s valószínűséggel becsült rövidtávú bevétel;  $F_{MRL}$ ,  $F_{M0}$ : súlyozási faktorok;  $F_{aM}$ ,  $F_{ast}$ : rövidtávú bevétel figyelembe vevő súlyozási faktorok;  $F_{T1}$ : a modell első lépcsőjénél alkalmazandó faktor az  $F_{MRL}$  és a  $F_{ast}$  közül a nagyobbik;  $F_{T2}$ : a modell második lépcsőjénél alkalmazandó faktor  $F_{aM}$  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,  $ESTI_e$ : short-term intake estimated with 95% probability;  $F_{MRL}$ ,  $F_{M0}$ : weighting factors;  $F_{aM}$ ,  $F_{ast}$ : weighting factors for short term intake;  $F_{T1}$ : the factor greater than  $F_{MRL}$  and  $F_{ast}$  for the first step of the model;  $F_{T2}$ : the factor greater than  $F_{aM}$  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 mintaszáma a faktorról arányosan csökken.

Célvizsgálatokhoz a véletlen mintavételi elven kiválasztott, ismert kezelésű  $\geq 8$  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) pontszerű (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	$R_{max}/T$	$F_M$	$f_m$	$f_{p,LOQ}$	$f_p$	Medián Median	SUM	Rmax	Percentilis H_D Percentile H_D	Egyedi mért érték <sup>1</sup> Unique measurement value <sup>1</sup>
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>

<sup>1</sup> Egyedi mért értékek a további oszlopokban csökkenő sorrendben (mg/kg)  
N: esetek száma; R > (mért szermaradék-mennyiség); T = MRL értéke;  $F_M$ ;  $f_m$ ;  $f_{p,LOQ}$ ;  $f_p$ : 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

<sup>1</sup>Unique measured values in further columns in descending order (mg/kg)  
N: number of cases R > (amount of measured residue); T = MRL value;  $F_M$ ;  $f_m$ ;  $f_{p,LOQ}$ ;  $f_p$ : 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  $R_{\text{exi}}$  értékét – ami a nyers termékben előforduló kockázatbecslés céljára meghatározott szemaradék-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 szemaradék-definíció eltér a monitoring vizsgálatok céljára definiálttól, a monitoring vizsgálati eredményeket először a rendelkezésre álló kísérleti eredmények alapján, a kétféle szemaradék-definíció koncentrációarányának megfelelően kell módosítani [30]. Az  $R'_{\text{exi}}$  a feldolgozási faktorial (Pf) módosított szemaradék értékét is magában foglalja:

$$R'_{\text{exi}} = R_{\text{exi}} + Pf_1 \times R_{\text{exi}} \quad (5)$$

A feldolgozási faktorokat a feldolgozott termékben ( $C_f$ ), illetve a kiindulási nyersanyagban ( $C_o$ ) mért szemaradék (vizsgált vegyület) hányadosával fejezzük ki:  $Pf = C_f/C_o$ . A Pf-értékekre a JMPR értékelésekben, az EFSAT Scientific Opinions és a BfR kiadványában [37] található kísérleti adatok.

Az esetenként nagy mennyiségű élelmiszerrel 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 élelmiszerből az átlagosnál jóval többet fogyaszt, akkor a többi ételből azon a napon várhatóan már nem tud sokat enni, ezért a rövid távú (akut) expozíciót élelmiszereként 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:

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

A képletben  $U_e$  a fogyasztott termék/élelmiszer tömege [kg], HR a szerkísérletekben vagy a monitoring vizsgálatokban észlelt maximális szemaradék-koncentráció [mg/kg];  $v$  az úgynevezett dimenzió nélküli variabilitási faktor, ami az egyes egyedi termékekben mért szemaradék 97,5 percentilis koncentrációjának és a tétel átlagos szemaradék-tartalmának a hányadosa, amit a tételből vett összetett minta átlagos szemaradék-tartalma reprezentál; LP az adott élelmiszerből 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 szemaradékok 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

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% <sup>1</sup>
≥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

<sup>1</sup> A nem-megfelelő tétel azonosításának valószínűsége 98%-os megfelelőséget feltételezve.

<sup>1</sup> The probability of identifying an unsatisfactory itesms assuming 98% conformity.

az eloszlása is becslhetővé 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 variabili-

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

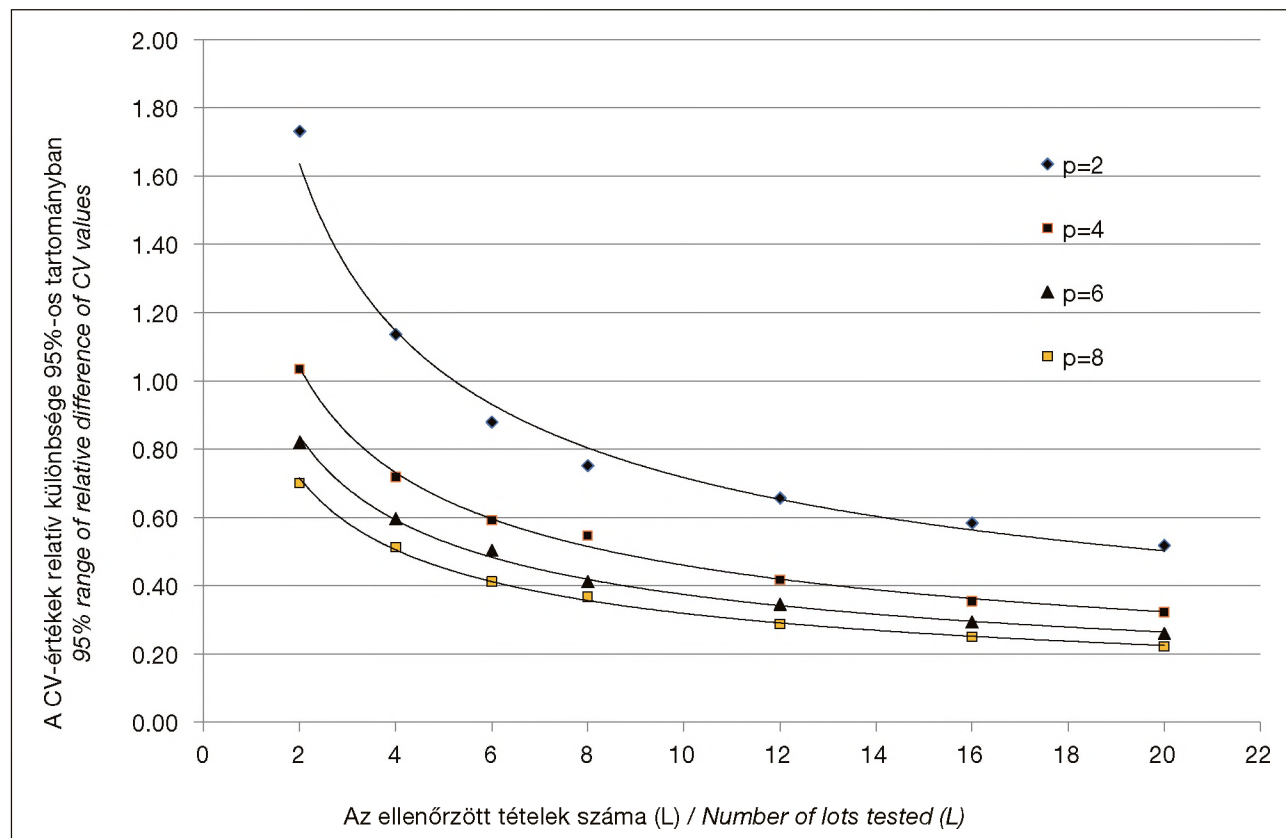
### 3. Vizsgálati eredmények és értékelésük

#### 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 el<sup>1</sup>. Hazai eredetű élelmiszerekben 5.275 mintában 636 különböző szermaradékra és metabolitra közel 1,5 millió vizsgálatot végeztek. Az engedélyezett

<sup>1</sup> Növényvédőszer-maradék vizsgálatot a NÉBIH laboratóriumai mellett termelői vagy forgalmazói megbízás alapján – leggyakrabban a megbízó által benyújtott mintákból – többek között az SGS Hungária 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 élelmiszerben, valamint néhány zöldség- és gyümölcsmintában mért szermaradék eloszlását a **4. táblázat** mutatja. A magyar és az import eredetű 662-féle almamintában 201.923 vizsgálattal 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); gyümölcslé, 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.

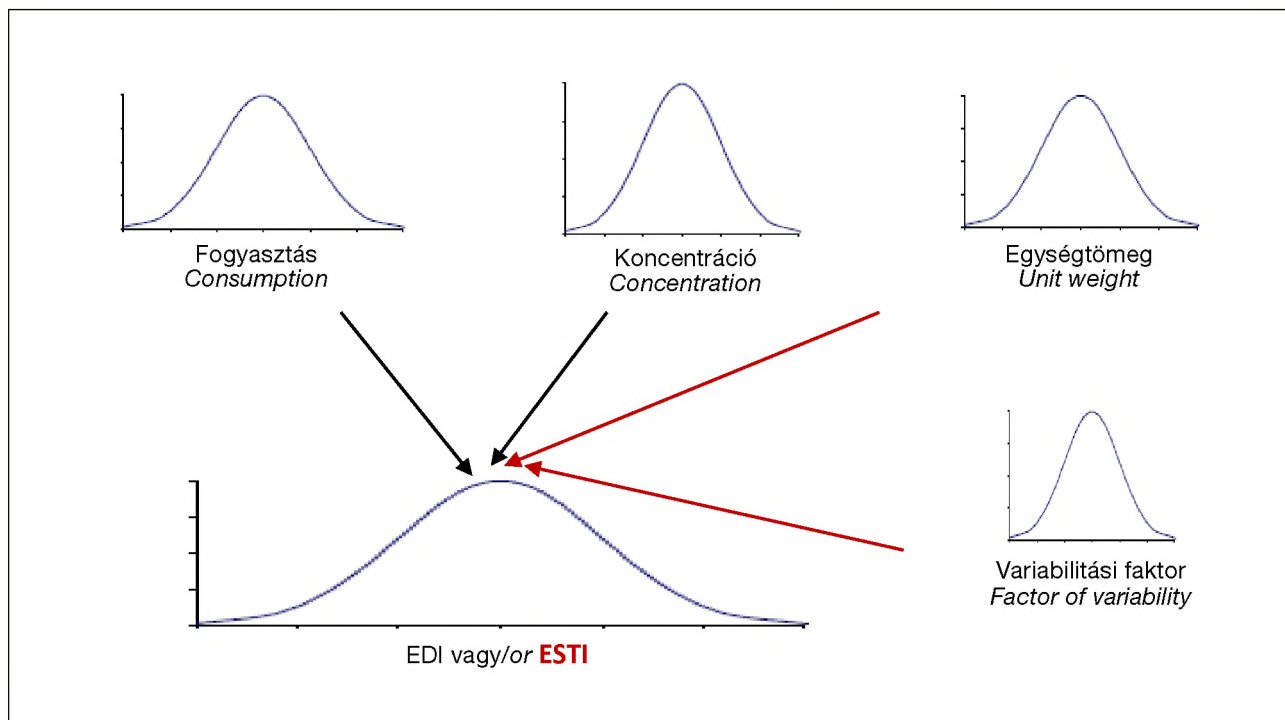
Az értékelt időszakban 160 hazai eredetű termékből vett mintában fordult elő Magyarországon nem engedélyezett növényvédő szer maradéka. A vizsgálatok eredményét a **6. táblázatban** foglaltuk össze.

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 növényvédő szerek 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, csemegezőlő, 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 értékeket a dimetoát+ometoát szermaradékok esetében tapasztaltuk: uborka- (2,9 ARfD), fejes saláta- (2,8 ARfD), valamint retelmintákban (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 probabilisztikus 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

4. táblázat. Példák a 2014-2018 között hazai eredetű termékekben mért szermaradékok koncentráció eloszlására  
Table 4. Examples of the distribution of residues measured in domestic (Hungarian) products between 2014 and 2018

Mátrix Matrix	Vizsg. minták száma Number of tested samples	Vizsgált meta- bolitok száma Number of tested meta- bolites	Vizsgálatok száma Number of tests	A szermaradék tartományba eső vizsgálatok száma (db) Number of tests (values) in the residue range (pieces)			Minták száma Number of samples
				R > T	T <sub>2</sub> ≥ R > T/2	T/2 ≥ R ≥ KH T/2 ≥ R ≥ LOD	R < KH R < LOD
Alma / Apple	439	608	124648	3	10	1 183	76
Csemegeszőlő Table grapes	94	569	26012	2	3	252	18
Körte / Pear	150	605	41303	0	2	334	33
Meggy / Sour cherry	188	598	42776	1	6	333	31
Paradicsom Tomato	319	602	86322	2	6	264	190
Paprika, csemege Paprika (sweet peppers)	320	610	86352	12	31	266	180
Saláta / Lettuce	321	603	87743	6	10	738	102
Szamóca / Strawberry	106	591	30934	0	7	327	32
Uborka / Cucumber	385	598	100158	17	30	457	118
Összes élelmiszer minta <sup>1</sup> Total food samples <sup>1</sup>	5275	636	1448092	62	172	5 546	2686

T = MRL [mg/kg]; R: mért szermaradék; KH: kimutatási határ  
T = MRL [mg/kg]; R: amount of measured residue; LOD: limit of detection;

<sup>1</sup> 100 féle élelmiszer / <sup>1</sup> 100 kinds of food

5. táblázat. A hazai és import eredetű alma mintákban mért hatóanyag és metabolit maradékok valamint azok vizsgálati számai  
Table 5. Pesticide substance and metabolite residues measured in domestic and imported apple samples and their test numbers

Name of pesticide agent	Number of tests	Name of pesticide agent	Number of tests	Name of pesticide agent	Number of tests	Name of pesticide agent	Number of tests	Name of pesticide agent	Number of tests
2,4,6-trichlorophenol	417	Aldicarb	554	Benthiavalicarb-isopropyl	79	Cypermethrin	675	Dimethipine	380
2,4-D	178	Aldicarb (EU)	523	Benzovindiflupyr	15	Cyprodinil	585	Dimethoate	1051
2,4-DB	135	Aldicarb sulfone	448	Beta-cyfluthrin	297	Cyproconazole	554	Dimethomorph	586
2,4-dimethylaniline	1	Aldicarb sulfoxide	448	Beta-HCH	119	Cis-chlorodane	492	Dimoxystrobin	539
2-phenylphenol	60	Aldrin	588	Beta-HCH (fer)	454	Dazomet	35	Diniconazole	585
3,5-dichloroaniline	318	Aldrin and dieldrin	588	Beta-endosulfan	587	Delta-HCH	557	Dioxation	180
3-(3-thiaryl) hydroxy-3-glutaric acid S-dioxide	19	Alpha-HCH	119	Bifenazate	71	Deltamethrin	628	Disulfoton	954
3-(3-thiaryl) glutaric acid S-dioxide	19	Alpha-HCH (fer)	453	Biphenazate (ferry)	55	Demeton-S-methyl	255	Disulfoton-sulfone	397
3-hydroxycarbofuran	449	Alpha-cypermethrin (alpha-methrin)	209	Biphenyl	397	Demeton-S-methylsulfoxide	180	Disulfoton-sulfoxide	397
3-chloraniline	302	Amethoctracine	19	Bifenox	575	Demeton-S-methylsulfone	411	Ditalymphos	405
6-OH-bentazone	50	Alpha-endosulfan	587	Bifenthrin	588	Desisopropyl-atrazine	309	Dithianone	176
8-OH-bentazone	50	Amethoctracine	19	Bitertanol	393	Desmedipham	332	Dithiocarbamates	530
DDT	574	Aminopyralid	94	Bitertanol (sum of isomers)	126	Desmethyl-pyrimicarb	337	Diuron	418
EPN	578	Amitraz	352	Bixafen	356	Dialiphos	180	Dodine	239
EPTC (ethyl dipropylthiocarbamate)	180	Amitraz (sum)	78	Boscalid	591	Diazinon	591	Emamectin b1a	69
HCH	454	Amitrole	93	Bromophos	554	Dieldrin	588	Emamectin benzoate B1a (in emamectin)	69
MCPA	353	Atraton	180	Bromophosethyl	573	Dietofencarb	510	Endosulfan	587
MCPB	177	Atrazine	416	Bromoxynil	176	Difenconazole	585	Endosulfan sulfate	587
N,N-diethyl-m-toluamide (DEET)	316	Atrazine-desethyl	309	Bromocycloheximide	571	Diflufenican	417	Endrin	573
N-2,4-dimethylphenyl-N'-methylformamide	177	Avermectin B1a	236	Bromopropylate	589	Diflubenzuron	585	Endrin aldehyde	496
N-2,4-dimethylphenylformamide	181	Avermectin B1a, delta-8,9 isomer	108	Bupirimate	589	Diflufenican	417	Endrin ketone	192
S-metolachlor	319	Avermectin B1b	142	Buprofezin	585	Dicamba	177	Epoxiconazole	586
TFNA	159	Azamectin	49	Butacarbonyl	280	Diclobenil	403	Epsilon-HCH	31
TFNG	159	Azinphos-ethyl	562	Butalinal	107	Diclobutrazole	79	Esfenvalerate + fenvalerate (RR + SS isomers)	226
Abamectin	213	Azinphos-methyl	560	Cyanazine	19	Dichlofention	325	Esfenvalerate + fenvalerate (RS + SR isomers)	214
Abamectin (sum)	205	Aziprotrrin	259	Cyfluthrin	181	Dichlorofuanid	572	Ethion	587
Acephate	582	Azoxystrobin	586	Cyfluthrin (sum)	317	Dichlorophos	591	Ethiofenprox	593
Acetamiprid	585	Beflubutamide	78	Cylocate	343	Dichlorormid	131	Etofumesate	497
Acetochlor	568	Benalaxyl	544	Cyflufenamid	19	Dichlorprop	177	Etoprophos	41
Aclonifen	79	Bencmlyl	42	Cyflufenamid (sum)	19	Dicofol	588	Ethoxazole	19
Acrinathrin	589	Bentazone	154	Cyfluthrin	502	Dicofol (sum)	251		
Alachlor	367	Benthiavalicarb	20	Cyfluthrin (sum)	317	Dicortophos	344		
				Cymoxanil	515	Dimethachlor	450		
				Cinidon-ethyl	259	Dimethenamid (dimethenamid-p)	260		
						Dimethylamino-sulfo-to-luidide	414		

Name of pesticide agent	Number of tests	Name of pesticide agent	Number of tests	Name of pesticide agent	Number of tests	Name of pesticide agent	Number of tests	Name of pesticide agent	Number of tests
Ethoxyquin	161	Phosphorus oxone sulfoxide	19	Chlorardane	492	Oxydemeton-methyl	583	Spirotetramat	158
Etridiazole	182	Phosphorus sulfone	168	Chlorfenapyr	552	Oxydemeton-methyl (sum)	46	Spirotetramat (sum)	69
Etrimphos	573	Phosphorus sulfoxide	79	Chlorfenvinphos	571	Oxyfluorfen	306	Spirotetramat BYI 03380-enol	69
Famoxadone	548	Forchlorfenuron	78	Chlorfenzone	180	Oxycarboxin	79		
Fenamidon	521	Formetanate	250	Chlorofurazuron	19	P,p'-Dicofof	339	Spirotetramat BYI 03380-enol-glucoside	69
Fenamiphos	1019	Formothion	298	Chloroxuron	78	P,p'-DDT	535		
Fenamiphosulfone	422	Fosalon	577	Chlorpyrifos-methyl	631	P,p'-DDD	534	Spirotetramat BYI 03380-keto-hydroxy	68
Fenamiphosulfoxide	422	Fosphamidon	573	Chlorpropham	728	P,p'-DDE	534		
Fenarimol	589	Phosmeth	1084	Chlorosulfuron	48	Paclobutrazole	553	Spirotetramat BYI 03380-mono-hydroxy	69
Fenazaquin	557	Phosmethoxone	270	Chlorothalonil	591	Paraoxone	387		
Fenbuconazole	526	Phosthiazate	525	Chlorothalonil	422	Paraoxon-methyl	533	Spiroxamine	530
Fenbutatin oxide	1	Phoxime	432	Cresoxime-methyl	585	Parathion	571	Secbumeton	163
Fenhexamide	585	Phthalimide	242	Coumafos	472	Pencicuron	554	Silthicfam	163
Fenitrothion	587	Fuberiazole	340	Lambda-cyhalothrin	632	Pencimethalin	589	Sulfotepp	575
Fencapton	180	Haloxifop-R-methyl ester	1	Lenacil	418	Penflufen	79	Sulfoxaflor (sum of isomers)	15
Fenchlorphos	652	Heptachlor	388	Lindane (gamma-HCH)	577	Penconazole	590	Tau-fluvalinate	473
Fenochlorodoxam	268	Furathiocarb	260	Linuron	585	Pentachloroaniline	461	Tebufenozide	553
Fenmedipham	332	Furilazole (antidote)	180	Lufenuron	548	Pentacyprad	37	Tebufenpyrad	585
Fenoxycarb	584	Glyphosate	2	Malaoxone	585	Perchlorate	1	Tebuconazole	591
Fenpyrazamine	33	Halosulfuron-methyl	78	Malathion	1170	Permethrin (sum of isomers)	585	Technazen	405
Fenpyroximate	585	Haloxifop	1	Mandipropamide	514	Petoxamide	259	Teflubenzuron	585
Fenpropathrin	588	Heptachlor (sum)	256	Mefenpyr diethyl	86	Picolinafen	240	Tefuthrin	589
Fenpropidin	261	Heptachlor epoxide	316	Mecarbam	539	Picoxystrobin	571	Tepraloxydim	78
Fenpropidin (fer)	254	Heptachlor epoxide (trans)	251	Mecoprop	177	Pymetrozine	363	Tepraloxydim (sum)	53
Fenpropidin (sum)	254	Heptachlor epoxide cis	251	Mepaniprim	1021	Piperonyl butoxide	98	Terbacil	375
Fenpropimorph	509	Heptenophos	477	Mepronil	255	Pirafufen-ethyl	18	Terbufos	573
Fenulfothion	404	Hexaflumuron	334	Meptylidinocap	176	Pyraclostrobin	585	Terbufosulfone	168
Fensulfothionoxone	19	Hexachlorobenzene	534	Metabenzthiazuron	78	Pyrazophos	573	Terbufosulfoxide	19
Fensulfothion sulfone	19	Hexaconazole	589	Metafumizone	474	Pyrethrins	199	Terbumeton	19
Fenthion	1050	Hexazinone	255	Metacryphos	577	Pyridaben	585	Terbutylazine	546
Fenthion-oxone	269	Hexothiazox	584	Metalaxy	558	Pyridafention	564	Terbutryn	453
Fenthion-oxone sulfone	256	Imazail	585	Metalaxy-M (mefenoxam)	1	Pyridalyl	15	Tetradifon	588
Fenthion-oxone sulfoxide	195	Imazamox	143	Metalddehyde	79	Pyridate	190	Tetrahydrophthalimide	193
Fenthion sulfone	388	Imazapyr	79	Methamidophos	587	Pyrifenoxy	255	Tetrachlorvinphos	337
Fenthion sulfoxide	401	Imidacloprid	585	Metamitron	450	Pyrimethanil	591	Tetraconazole	589
Fentate	468	Indoxacarb	589	Metazachlor	450	Pirimiphos-ethyl	391	Tetramethrin	536
Fenuron	48	Ioxinil	261	Methammonium	1	Pirimiphos-methyl	591	Thiabendazole	585
Fenvalerate	3	Ioxynil (sum)	90	Metidathion	587	Pirimicarb	920	Thiacloprid	586
Fenvalerate (sum)	400	Ipcnazole	240	Methyl parathion	1174	Piriofenone	34	Thiamethoxam	875
Fenzone (phenzone)	180	Iprodione	589	Methocarb	490	Piriproxfen	558	Thiencarbazone-methyl	19
Fipronil	929	Iprovalicarb	558	Methocarb (aka mercaptodimetur)	527	Piroxulam	50	Thifensulfuron-methyl	163
Fipronil (sum)	258	Isodrine	19	Methicarb sulfoxide	422	Procymidone	589	Thiodicarb	525
Fipronil sulfone	563	Isofenphos-metal	571	Methicarb sulfone	422	Propham	343	Thiophanate-methyl	470
Flazasulfuron	78	Isofenphos-metal	571	Methicarb sulfoxide	422	Profenophos	585	Thiophanox	163
Flonicamid	340	Isofentophos	496	Metconazole	510	Profluralin	287	Thiomethone	238
Flonicamid (sum)	164	Isoprazam	79	Metconazole (sum of isomers)	280	Prochlorase	1112	Tolyfluanid	1048
Florasulam	139	Isoprocarb	337	Metolachlor (sum)	287	Promecarb	163	Tolclofos-methyl	589
Fluzifop	177	Isoprotiothian	500	Metobromuron	450	Promethrin	429	Tralcoxydim	78
Fluzifop-P-butyl	1	Isoproturon	366	Metolachlor	584	Propachlor	298	trans-Chlorodane	492
Fluzinam	539	Isoxadifen-ethyl	139	Metolachlor (sum)	287	Propamocarb	562	Triadimefon	1040
Flubendiamide	292	Isoxaflutole	267	Methomyl	961	Propamocarb (sum)	298	Triadimenol	588
Flucitrinate	283	Iodosulfuron	10	Methoxyphenozide	585	Propaquizafop	339	Triadate	255
Fludioxonyl	586	Iodosulfuron-methyl	50	Methoxychlor	535	Propargite	557	Tiazulfuron	84
Flufenacet	358	Caduzafos	573	Methoxuron	19	Propazine	260	Triazophos	591
Flufenoxuron	585	Captafol	248	Metrafenone	511	Propetamphos	116	Tribenuron-methyl	84
Flumethrin	19	Captan	585	Metribuzin	554	Propiconazole	589	Tricyclozole	507
Flumioxazine	186	Captan and THPI total, expressed as Captan	200	Methylsulfuron-methyl	163	Propizamide	585	Trifloxystrobin	585
Flumeturon	294			Mevinphos	573	Propisochlor	368	Triflumizole	994
Flupicolide	539	Captan and folpet	292	Mesosulfuron-methyl	84	Propoxur	496	Triflufenuron	585
Flucypram	430	Carbaryl	585	Mesotrione	461	Proquinazide	342	Trifluralin	575
Fluorochloridone	45	Carbendazim	618	Mycobutanil	589	Prosulfocarb	242	Triforin	348
Fluxastrobin	242	Carbofuran	984	Molinate	343	Prosulfuron	172	Trichlorfon	432
Fluquinconazole	585	Carbofuran (sum)	26	Monocrotophos	581	Prothiophos	569	Trimethacarb	163
Flurcycpyr	19	Carbosulfan	320	Monolinuron	79	Prothioconazole (prothioconazole desctio)	176	Triticoconazole	571
Fluroxypyr (sum)	29	Carboxin	511	Napropamide	259	Prothioconazole desease	280	Uniconazole	39
Fluroxypyrmeptyl	59	Carfentrazone	19	Nicosulfuron	84	Prothioconazole desease	280	Valifenalate	19
Flutolanyl	263	Carfentrazone-ethyl	470	Nitenpyram	432	Quinmerac	242	Vamidothion	284
Flutriafol	557	Kinaiphos	573	Nitrofen	186	Quinoclamim	79	Vincloroline	963
Fluvalinate	78	Quinomethionate	287	Novaluron	302	Quinoxifen	585	Zoxamide	538
Fluxapyroxad	97	Clethodim	239	Nuarimol	388	Quintozene	1066		
Fluzilazole	586	Clofentezine	585	o,p'-Dicofof	339	Resmethrin (bicrosmethrin)	341		
Folpet	584	Clomazone	422	o-Phenylphenol	439	Rimsulfuron	84		
Folpet + phthalimide, expressed as folpet	266	Clopyralid	94	o,p'-DDD	470	Rotenone	421		
Fomesafen	79	Chlorantraniliprol	554	o,p'-DDE	469	Simazine	259		
Fonophos	356	Chlorate	1	o,p'-DDT	516	Simethrin	19		
Foramsulfuron	84	Chloridazone	339	Oflurace	156	Spinetoram (XDE-175)	15		
Forate	573	Clothianidin	333	Omethoate	585	Spincasid	525		
Forate (EU)	484	Clothianidin (fer)	224	Oxadiazone	156	Spinosyn A	525		
Phosphorus oxone	25	Chlozcolinate	183	Oxadixyl	553	Spinosyn D	525		
Phosphorus sulfone	19	Chlorobenzylate	347	Oxamil	585	Spirodiclofen	510		
Phosphorus oxone sulfone	19	Chlorobromuron	79	Oxasulfuron	84	Spiromesifen	501		

Összes vizsgálat 201 923 db; Összes minta: 662 db / Number of compounds 201,923 pcs.; Total samples: 662 pcs.

A hazai eredmények azt jelzik (**6. táblázat**), hogy az elsősorban kiskultúrákban (kis területen termesztett kultúrművények 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 forgalmazóknak, 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 jelenleg 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 ételmisszereinkben 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)

<b>Alma / Apple:</b> Chlorpyrifos (0.024, <b>0.065</b> ), Flutriafol (0.044)
<b>Borszőlő / Wine grapes:</b> chlorpyrifos (0.006)
<b>Burgonya / Potato:</b> Chlorpyrifos (0.07, 0.038), Tefluthrin (0.049, 0.067), Haloxyfop (sum) (0.043, 0.053)
<b>Csemegeszőlő / Table grapes:</b> folpet + phthalimide (0.63), tetramethrin (0.26), dimethoate (sum) ( <b>0.14</b> )
<b>Fejes saláta / Lettuce:</b> 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 ( <b>0.66</b> )
<b>Fűszerpaprika, őrölt / Paprika powder:</b> ethion (0.11)
<b>Hónapos retek / Monthly radish:</b> Propamocarb (0.045)
<b>Kajsziarack / Apricots:</b> Acetamiprid (0.019, 0.016), Fluopyram (0.037)
<b>Karalábé / Kohlrabi:</b> Thiamethoxam (0.025), Dimethoate (0.059), Cypermethrin (0.19), Dimethoate (0.01), Chlorpyrifos (0.012), Pyriproxyfen (0.014)
<b>Cauliflower:</b> Thiamethoxam (0.046), Chlorpyrifos (0.015), Dimethoate / Sum: (0.038)
<b>Karfiol / Kale:</b> imidacloprid (0.12), piriproxifen (0.05)
<b>Körte / Pear:</b> Methoxyphenozone (0.021, 0.095, 0.078), Thiabendazole (1,4)
<b>Köszméte / Gooseberry:</b> Fenvalerate / Isomer: (0.071), Diphenconazole (0.072, 0.014, 0.065), Cypermethrin (0.027, 0.16), Deltamethrin (0.012), Mycobutyl (0.022), Carbendazim (0.04, 17), Thiamethoxam (0.017), pirimicarb (0.33), bupirimate (0.115), etirimol (0.078), captan (0.015)
<b>Meggy / Sour cherries:</b> Diphenconazole (0.065), Dimethoate (0.052)
<b>Őszibarack / Peaches:</b> (Carbendazim (0.058, 0.013), Taufluvalinate (0.16), Thiacloprid (0.018), Dimethoate (0.01), Tofanate Methyl (0.15, 0.01), Ethofenprox (0.04), Chlorantraniliprole (0.013)
<b>Padlizsán / Eggplant:</b> propamocarb (sum) (0.022)
<b>Paprika / Peppers:</b> cypermethrin (0.05), methomyl (0.11, 0.08), metrafenone (0.057), metaflumizone (0.10), chlorpyrifos-methyl (0.022), chlorfenapyr (0.047), spiromesifen (0.17)
<b>Paradicsom / Tomato:</b> Flonicamid (sum): ( <b>1.31</b> ), Chlorpyrifos (0.039), Mycobutanyl (0.014), Flonicamid (0.22)
<b>Paraj, szárított / Spinach, dried:</b> spiroxamine (0.015), difenconazole (0.028), spiroxamine (0.008)
<b>Retek / Radishes:</b> chlorpyrifos (0.025), fluopicolide (0.01), propamocarb (0.041), dimethoate / sum ( <b>0.91</b> )
<b>Ribiszke / Currants:</b> procimodone (0.015), folpet (0.097)
<b>Sárgabarack / Apricots:</b> carbendazim and benomyl (0.079), chlorpyrifos (0.1), boscalid (0.061, 0.058)
<b>Spenót / Spinach:</b> Deltamethrin (0.14), Acetamiprid (1.6), Clothianidin (0.01), Thiamethoxam (0.01)
<b>Szamóca / Strawberries:</b> Imidacloprid (0.023), Thiophanate Methyl (0.1), Fluopyram (0.14, 0.24), Trifloxystrobin (0.12)
<b>Szilva / Plums:</b> triadimenol (0.014)
<b>Tökmag, héj nélkül / Pumpkin seeds, shelled:</b> dieldrin (0.088)
<b>Tönkölybúza, bio / Spelled wheat, bio:</b> chlorpyrifos-methyl (0,1),
<b>Uborka / Cucumber:</b> Fluopyram (0.013, 0.018, 0.036), Dimethoate (0.075, 0.55, 0.051, 0.049, 0.018, <b>0.65</b> ) 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)
<b>Újhagyma / Spring Onions:</b> 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-dietoát: 287%; uborka-dimetoát: 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)  $\leq 1\%$ -a.

Az EFSA 2019 októberében frissítette a glifozát uniós felhasználási előírásokon alapuló szermaradék-vizsgálatokra, 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  $\leq 4\%$ -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 laboratóriumai glifozát szermaradéokra 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, zsirba (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 vizsgálattal, 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 foglalkozásszerűen 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

7. táblázat. A NÉBIH laboratóriumaiban glifozát szermaradéokra 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
Csemegezőlő / 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
Gyümölcsle (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 ételmezési 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

az OECD vizsgálati útmutatók alapján végzett széleskörű 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 érzékenységgű vizsgálattal 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 növényvédőszer engedélyokiratban 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 szermaradékra 105-féle termékben 560 mintát vizsgáltak. Mérhető szermaradékot három szemes búza- ( $R < MRL/2$ ), egy-egy borszőlő-, málna- és salátaminta tartalmazott a módszer kimutatási határán ( $LOD = 0,05 \text{ mg/kg}$ ). A többi mintában nem volt kimutatható mennyiségű szermaradék ( $< 0,05 \text{ mg/kg}$ ).

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 kézirattal 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 körvizsgálata részletes eredményeinek közléséért.