

A hazai fogyasztók növényvédőszer-maradék expozíciója

Ambrus Árpád^{1*}, Vásárhelyi Adrienn², Szenczi-Cseh Júlia³

¹Nyugdíjas, Budapest, Magyarország

²Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Mezőgazdasági és Genetikai Erőforrások Igazgatóság, Budapest, Magyarország

³Élelmiszer-biztonsági tanácsadó, Budapest, Magyarország

*E-mail: ambrusadr@yahoo.co.uk

Beérkezett: 2025. április 16.; elfogadva: 2025. május 6.

Összefoglalás

Magyarországon 1969-től évi 5000–9000 minta növényvédőszer-maradék vizsgálatára került sor az okszerű növényvédelmi előírások betartásának, a fogyasztók és a környezet expozíciójának ellenőrzésére. Laboratóriumaink 2010 és 2024 között 65 258 növényi eredetű élelmiszer vizsgálatát végezték el, összesen 400–600 különböző vegyületet vizsgálva. A növények védelméhez szükséges szerrotáció következtében egy-egy mintában leggyakrabban három–hat különböző növényvédőszer-maradék fordult elő.

A fogyasztók napi expozícióját (ESTI) hat, intenzív növényvédelmet igénylő, többségében frissen fogyasztott termék (alma, cseresznye, őszibarack, paprika, szamóca, szőlő) szermaradék-vizsgálati eredményei alapján értékeltük. A számításokat a leggyakrabban előforduló, különböző akut referenciadózisú tizenhét idegméreg-típusú vegyülettel végeztük. A legmagasabb, de egészségi kockázatot még nem jelentő kitettséget az egy-két éves korosztályban kaptuk. A számított értéket azonos inputadatok mellett jelentősen befolyásolja az alkalmazott variabilitási faktor (3; 3,6; 7). Minden esetben a kockázatbecslőnek kell eldöntenie, hogy az átlagos (3) vagy a legmagasabb (7) lefedettséggel értékeli-e az eredményeket.

Az akut kumulatív expozíciót jelző veszélyességi index (HI) számításánál detektálási gyakoriságuk alapján az acetamiprid, difenokonazol, fluopiram és indoxakarb szermaradékokat, valamint a vizsgált termékek együttes, korcsoporttól független, napi fogyasztását vettük figyelembe. A legmagasabb érték (HI: 0,87; HI<1) jelzi, hogy a vizsgált termékekben a növényvédőszer-maradékok nem jelentenek egészségi kockázatot. Számításaink szerint a fogyasztók krónikus expozíciója nem jelent egészségi kockázatot.

Kulcsszavak: növényvédőszer-maradék, expozíció, analitika, élelmiszer-biztonság, kockázatértékelés

Exposure to pesticide residues among Hungarian consumers

Árpád Ambrus¹, Adrienn Vásárhelyi², Júlia Szenczi-Cseh³

¹Retired, Budapest, Hungary

²National Food Chain Safety Office, Directorate of Agricultural and Genetic Resources, Budapest, Hungary

³Freelance food safety adviser, Budapest, Hungary

Summary

To control the authorized use of pesticides, the exposure of consumers and the environment, 5000–9000 samples were tested for pesticide residues annually from 1969. Altogether 65,258 samples of plant origin were analyzed for 400–600 different substances. Due to the necessary rotation of active substances to protect the plants, most frequently, 3–6 different residues were detected in the samples.

We evaluated the short-term consumers' exposure (ESTI) based on the test results of apples, cherries, grapes, peaches, strawberries, and sweet pepper, which require intensive plant protection. The calculations included the 17 most frequently detected neurotoxic compounds with different acute reference doses. The highest exposure, though below the critical health limit, was observed for the age group of 1–2 years. The calculated exposure based on the

same input data is substantially affected by the selected variability factor (3, 3.6, or 7). The risk assessor should decide on the selection of the factor in each case.

The ESTI was calculated using the frequently detected residue values of acetamiprid, difenoconazole, fluopirame, and indoxacarb, considering the combined consumption of the selected food items regardless the age of consumers. The highest calculated HI=0.87 is <1, indicating no health risk from the residues present. Moreover, the likely chronic exposure is well below the health risk limit.

Keywords: pesticide residues, exposure, analytics, food safety, risk assessment

Bevezetés

Földünk lakosságának élelmiszer-ellátásához szükség van a kémiai növényvédelemre, mivel az ökológiai termesztésbe vont területek aránya alacsony. Az Európai Unióban (EU) például megközelítőleg 9,2 százalék, Magyarországon pedig 6 százalék, amelyek döntő hányada rét, legelő (KSH 2024). A növényvédő szerek különböző humán és környezeti toxikológiai hatású vegyületek. Felhasználásukat széles körű, többéves, az OECD által jóváhagyott módszerekkel végzett toxikológiai vizsgálatok előzik meg. A kísérleti eredmények értékelését egyes nemzeti hatóságok, az Unióban az Európai Élelmiszer-biztonsági Hatóság (EFSA) szakértői bizottságai végzik, meghatározva a vegyület krónikus (ADI), illetve, ha szükséges, akut toxicitásának referenciaértékeit (ARfD), valamint nemzeti szinten felhasználásuk körülményeit.

A növényvédő szerek okszerű és előírásnak megfelelő felhasználását az egyes országok egyebek mellett a kezelt terményben maradó szermaradék mérésével ellenőrzik. Az engedélyezett maximális koncentrációt (MRL; mg/kg) meghaladó szermaradékot tartalmazó termék forgalmazását korlátozzák, vagy a megsemmisítését is elrendelhetik (Ambrus et al. 2023a).

Magyarország kormánya 1965-ben, a világon elsőként korlátozta a környezetre és a fogyasztókra egyaránt veszélyt jelentő DDT (diklór-difenil-triklóretán) és számos perzisztens növényvédő szer forgalmazását, jóval az Amerikai Egyesült Államok Környezetvédelmi Hivatalának tiltása (1972) vagy a Stockholmi Egyezmény hatálybalépése (2004) előtt. A korszerű műszerekkel felszerelt laboratóriumokkal rendelkező megyei növényvédő állomási hálózat kiépítésével (1968–1974), a növényvédő szakmérnöki oktatás megindításával (1970), valamint a mezőgazdasági nagyüzemekben kötelezően foglalkoztatott növényvédelmi szakemberekkel (1969) megteremtették a növényvédő szerek okszerű alkalmazásának, a fogyasztók és a környezet tudatos védelmének feltételrendszerét (Ambrus et al. 2025).

Jelen közleményünkben a magyar lakosság élelmiszerfogyasztásból származó növényvédőszer-maradék kitettségét mutatjuk be hat gyakran fogyasztott és növényvédő szerekkel rendszeresen kezelt növényi termék vizsgálati eredményei alapján.

Vizsgálati anyag és módszer

A növényvédőszer-maradék analitikai laboratóriumok 1968 és 2024 közötti tevékenységét Ambrus és munkatársai átfogóan ismertették (Ambrus et al. 2025). Jelen közleményünkben csak a kiegészítő információkat foglalkozunk össze.

Mintavétel

A növényvédőszer-maradék analitikai vizsgálatokhoz a mintákat az éves központi monitoringterv alapján a vármegyei/fővárosi kormányhivatalok növényvédelmi hatósági jogkörrel rendelkező felügyelői veszik, a vonatkozó uniós mintavételi eljárás előírásainak megfelelően (Commission Directive 2002).

Analízis

A növényvédőszer-maradék analitikai laboratóriumok kezdetben egyedi vagy vegyületszám-specifikus módszereket alkalmaztak, amelyeket központi koordinációval munkacsoportokban fejlesztettek, teszteltek (Ambrus et al. 1976). 2004-től a korszerű GC-MS/MS, LC-MS/MS műszerek beállításával jelentősen megnőtt a vizsgált szermaradékok köre és detektálásuk érzékenysége. Jelenleg közel négyszáz vegyületre 0,002–0,008 mg/kg közötti kimutatási határral történik a minták vizsgálata, döntően az Anastassiades és munkatársai által kifejlesztett módszer különböző variánsait alkalmazva (Anastassiades et al. 2003; Ambrus et al. 2023a).

A fogyasztók kitettségének becslése

A fogyasztók napi expozícióját (estimated daily intake, EDI) elvben a nyers vagy feldolgozott mezőgazdasági termékeknek a naponta fogyasztott ehető hányadában (F) mért szermaradékból (R) számítjuk, testsúly-kilogrammra vonatkoztatva (bw).

$$EDI = \frac{F \times R}{bw} \quad (1)$$

A fogyasztási adatok az egységes uniós módszer szerint (European Food Safety Authority 2014) az 1–74 éves korosztályt képviselő 2602 személy körében 2018–2020

között végzett országos felmérésből származnak. A fogyasztási adatok értékelésekor az összetett élelmiszereket a Nutricomp programot alkalmazva (Bíró *et al.* 2011) bontották összetevőkre.

A krónikus kitettség számításakor az R értékénél a monitoringvizsgálati eredmények értékelése során a mért értékek átlagát, az ellenőrzött körülmények között végrehajtott szerkísérletekben a mért medián szermaradék-koncentrációt vesszük figyelembe.

Az akut kockázatbecslésre használt rövid távú élelmiszer-fogyasztást (estimated short-term intake, ESTI) egy kiválasztott élelmiszernek az egy nap alatt maximálisan fogyasztott tömegéből, valamint az egyedi darabos termények (pl. alma, paprika) szermaradék-tartalmából számítjuk. Monitoringvizsgálati eredmények esetén az egyedi terményekben mért, valamint az összetett minták (pl. minimum 10 db alma) átlagos szermaradék-tartalmának viszonyát kifejező variabilitási faktort (v) is figyelembe vesszük, ami közepes terményeknél az átlagos 3 és a 95 százalékos tartományt lefedő 7 között változik a FAO, illetve az EFSA szakértőinek véleménye szerint. A számítás módját a különböző méretű termények esetén Ambrus és munkatársai részletesen ismertették (Ambrus *et al.* 2023b).

A monitoringvizsgálati eredményekből végzett számításnak két korlátja van (Szenczi-Cseh-Ambrus 2017), amelyeket az eredmények értékelésénél figyelembe kell venni.

1. A mérendő szermaradék definíciója a monitoringcélokra végzett vizsgálatoknál gyakran nem tartalmaz minden toxikológiailag releváns, a kockázatbecslés szempontjából fontos aktív komponenst, illetve metabolitot, mindezt annak érdekében, hogy lehetővé tegye a széles körű, nagy mintaszámmal végzett szermaradék-ellenőrző programokat.
2. Az analizált terményrész nem azonos a fogyasztásra kerülő ehető hányaddal. Az ehető hányad meghatározásakor alkalmazott, átlagos tömegcsökkenés számóca és szőlő esetén <5 százalék, cseresznye, őszibarack és paprika esetén pedig rendre 5, 14, 18 százalék (Rodler *et al.* 2005).

A számítás korlátait az eredmények értékelésekor figyelembe kell venni. A kumulatív expozíció számításakor az egyes mintákban együttesen előforduló különböző szermaradékok közül az azonos toxikológiai hatású, idegméreg-típusú vegyületeket vettük figyelembe az EFSA szakértői csoportja által négyszáz vegyületre elvégzett csoportosítás alapján (Crivellente *et al.* 2017).

Az EDI vagy az ESTI viszonyát a toxikológiai referenciaértékekhez (ADI, ARfD) egy vegyület esetén a veszélyességi kitevő (hazard quotient, HQ) fejezi ki.

$$HQ_c = \frac{EDI}{ADI} \quad (2)$$

$$HQ_a = \frac{ESTI}{ARfD} \quad (3)$$

Azonos hatásmódú vegyületek együttes jelenlétének kockázatát a dózis additivitását feltételező veszélyességi index jelzi. A veszélyességi index alkalmazható krónikus vagy akut kockázat jellemzésére is.

$$HI = \sum HQ \quad (4)$$

A potenciális kockázatot a $HQ > 1$ vagy a $HI > 1$ értékek jelzik.

Vizsgálati eredmények

Növényvédőszer-maradék vizsgálatok

2010–2024 során 65 258 növényi eredetű élelmiszer vizsgálatát végezték el a laboratóriumok közel hatszáz különböző hatóanyag- és bomlástermékre. Az engedélyezett szermaradék-koncentrációt (MRL) meghaladó minták aránya évenként 0,3–2,1 százalék között változott. A minták közel 63,5 százaléka nem tartalmazott kimutatható szermaradékot, ami összhangban van az európai országok tapasztalataival.

1. táblázat | A kiválasztott terményekben 2017 és 2024 között vizsgált minták száma

Év	Alma	Szőlő	Cseresznye/meggy	Őszibarack	Paprika	Szamóca
2017	153	102	30	86	117	50
2018	157	78	30	68	115	62
2019	164	79	18	68	112	52
2020	171	81	28	78	141	31
2021	188	71	16	49	131	30
2022	172	67	20	56	99	54
2023	124	36	25	24	79	44
2024	107	49	1	0	76	57

Forrás: saját szerkesztés

2. táblázat | A szermaradékok számának maximuma az egyes mintákban

Termény	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Alma	23	13	8	9	11	7	7	10
Csemegepaprika	10	11	15	15	10	7	8	7
Csemegeeszőlő	12	11	11	11	7	18	9	10
Cseresznye/meggy	8	7	6	6	6	5	4	0
Őszibarack	6	7	9	9	5	6	5	0
Szamóca	7	9	11	7	9	9	8	8

Forrás: saját szerkesztés

Az élelmiszer-fogyasztásból származó expozíciót hat olyan termény–hatóanyag kombinációra végeztük el, amelyeknél a vizsgálati eredmények alapján várhatóan az a legmagasabb volt. A 2017 és 2024 között a kiválasztott terményekben vizsgált minták számát az 1. táblázat mutatja.

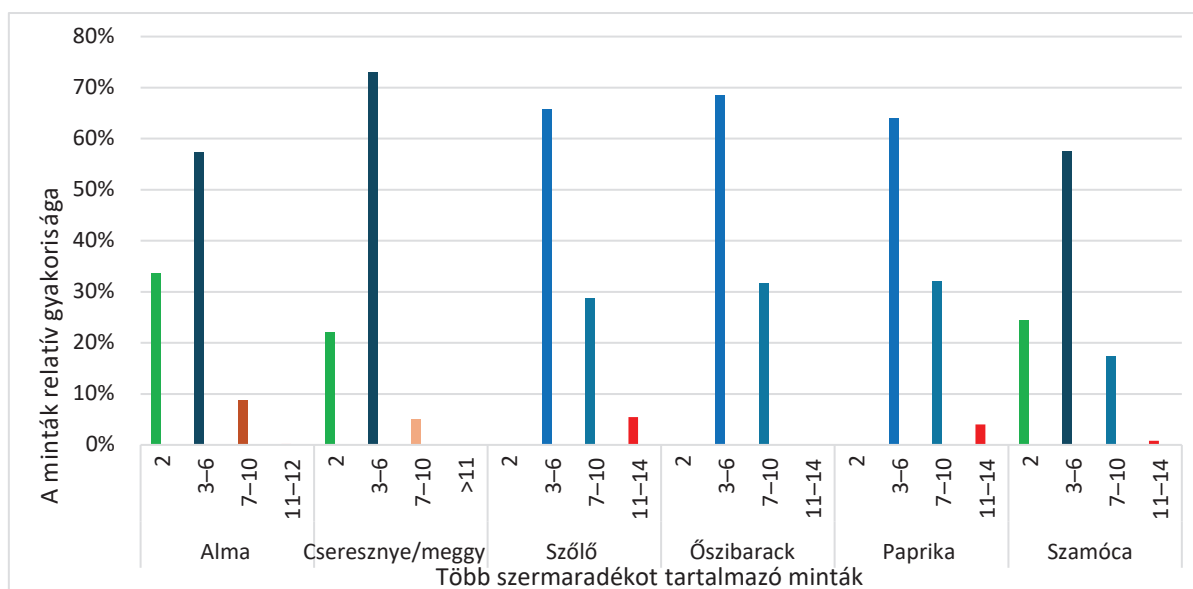
Az alkalmazott érzékeny detektálási körülmények mellett egy-egy mintában számos növényvédőszer-hatóanyag maradéka fordulhat elő, ami megfelel a technológiai elvárások szerint szükséges hatóanyag-rotációnak. A vizsgált terményekben detektált különböző szermaradékok számát a 2. táblázatban foglaltuk össze.

Az évenként átlagosan jelen lévő szermaradékok száma mintánként: alma (3,5–3,9), csemegepaprika (3,1–3,8), csemegeeszőlő (3,3–4,1), meggy (3,4–3,8), őszibarack (2,7–4,1), szamóca (3,4–5). Több szermaradék előfordulási gyakorisága és maximális száma közelítőleg azonos az európai monitoringprogramokban tapasztalttal (2019–2020-ban 28–29 százalék) (Ambrus et al. 2023a).

Fogyasztók akut expozíciója

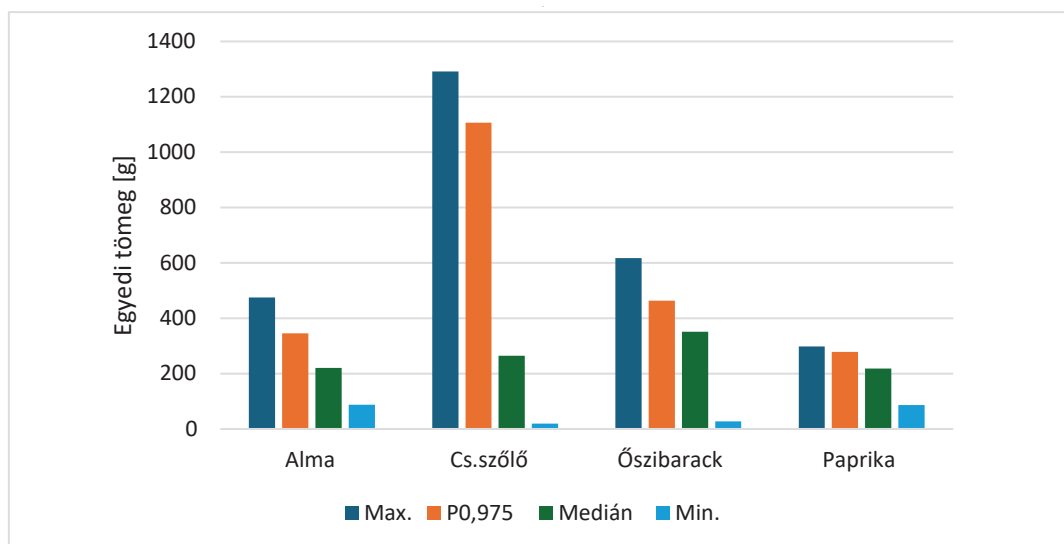
Az egy mintában detektált szermaradékok közül az idegmérgek csoportjába tartozó vegyületek egyszeri és kumulatív akut expozícióját számítottuk és értékeltük. Az együtt előforduló szermaradékok számának gyakorisági eloszlását a vizsgálatba vont mintákban az 1. ábra mutatja.

Tizenegy vagy több szermaradék előfordulási gyakorisága almánál 0,2 százalék, cseresznyénél 0 százalék, őszibaracknál 0 százalék, szamócánál 1 százalék. A számításhoz a vizsgált termény várható maximális és mediántömegét, a szermaradékok variabilitását és a fogyasztói csoport átlagos testtömegét (tt, kg) vettük figyelembe (Ambrus et al. 2023b). A termékek tömegét egyedenként közelítőleg 300–900 méréssel határoztuk meg (Zentai et al. 2015). Tömegeloszlásukat a 2. ábra mutatja. A cseresznye és szamóca gyümölcsök tömegét irodalmi adatokból becsültük. Maximum- és mediánértékeik [g] rendre 8 és 6 (cseresznye), 19 és ≤12 (szamóca).



1. ábra | A több szermaradékot tartalmazó minták gyakorisági eloszlása

Forrás: saját szerkesztés



2. ábra | A vizsgálatba vont termények egyedi tömegeloszlása (g)
Forrás: saját szerkesztés

3. táblázat | A $\nu = 3$ értékkel almafogyasztásra számított ESTI-értékek és az 1–2 éves korcsoportra számított HQa-értékek

		Kor	1–2	2–3	3–9	9–18	18–64	64–74	1–2
		tt [kg]	11,1	13,6	17,6	50,5	79,6	81,5	
		LP [kg]*	0,32	0,32	0,47	0,73	0,48	0,52	
Szermaradék	P0,975 (mg/kg)	ARfD (mg/kgtt/nap)	ESTI						HQa
Acetamiprid	0,12	0,025	0,0082	0,0067	0,0062	0,0028	0,0014	0,0014	0,33
Kaptán sum	1,02	1,3	0,070	0,057	0,053	0,024	0,012	0,012	0,05
Karbendazim	0,094	0,02	0,006	0,005	0,005	0,002	0,001	0,001	0,32
Klórpirifosz-metil	0,055	0,1	0,004	0,003	0,003	0,001	0,001	0,001	0,04
Difenokonazol	0,112	0,16	0,008	0,006	0,006	0,003	0,001	0,001	0,05
Ditianon	0,163	0,12	0,011	0,009	0,008	0,004	0,002	0,002	0,09
Etofenprox	0,175	1	0,012	0,010	0,009	0,004	0,002	0,002	0,01
Fluopiram	0,182	0,5	0,012	0,010	0,009	0,004	0,002	0,002	0,02
Fluxaproxad	0,07	0,25	0,005	0,004	0,004	0,002	0,001	0,001	0,02
Indoxakarb	0,08	0,125	0,005	0,004	0,004	0,002	0,001	0,001	0,04
Lambda-cihalotrin	0,045	0,005	0,003	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,62
Metoxifenozyd	0,139	0,1	0,010	0,008	0,007	0,003	0,002	0,002	0,10
Pirimikarb	0,09	0,1	0,006	0,005	0,005	0,002	0,001	0,001	0,06
Piraklostrobin	0,074	0,03	0,005	0,004	0,004	0,002	0,001	0,001	0,17
Tebukonazol	0,148	0,03	0,010	0,008	0,008	0,003	0,002	0,002	0,34
Tiaklopid	0,118	0,02	0,008	0,007	0,006	0,003	0,001	0,001	0,40
Tiametoxam	0,045	0,5	0,003	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,01

* LP: nagy adag, a napi fogyasztás 97,5 percentilise.

A számított ESTI-értékeket az alkalmazott variabilitási faktor (3; 3,5; 5) lényegesen befolyásolja. Például a lambda-cihalotrin HQa-értéke $\nu = 3$; 3,6 és 7 értékekkel számolva 0,62, 0,72 és 0,99. A kockázatbecslő határozza meg, hogy az átlagos (3) vagy a legkedvezőtlenebb (7) lefedettséggel értékelje-e az eredményeket.

Forrás: saját szerkesztés

Az egyes mintázott tételekben a szermaradék-koncentráció változó. A kimutatási határ alatti szermaradék-gyakoriság figyelembevételével – a legkedvezőtlenebb esetet feltételezve – az egyes gyümölcsökben a mért koncentráció és a kimutatási határértékek átlagával, továbbá a mért koncentrációk 97,5 percentilisével, illetve különböző variabilitási faktorokkal számoltunk. A Codex Bizottság által javasolt 3-as variabilitási faktorról (ν) az idegméreg toxikológiai csoportba tartozó szermaradékokra számított ESTI- és a legmagasabb, 1–2 éves korcsoportra számított HQa-értékeket a 3. táblázat tartalmazza.

Kumulált akut expozíció

A fogyasztók kumulatív expozíciója abból származhat, ha

- egy termék több szermaradékot tartalmaz (1. ábra);
- az egy napon fogyasztott különböző élelmiszerek többféle szermaradékot tartalmaznak.

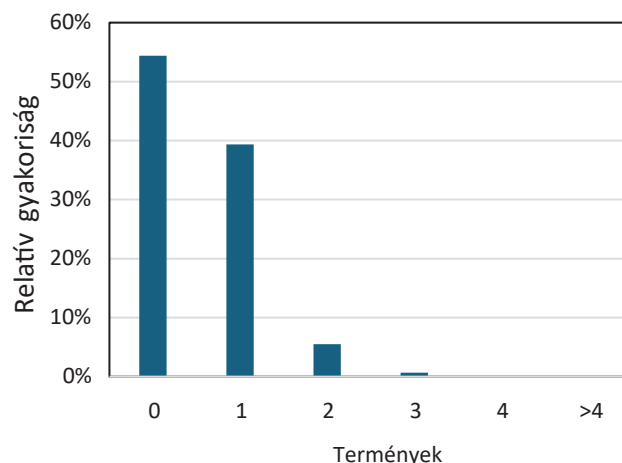
A kumulatív expozíció számításánál ARfD-értékük (0,005–0,5 mg/ttkg) és detektálási gyakoriságuk alapján az acetamiprid, difenokonazol, fluopiram és indoxakarb szermaradékokat, valamint a vizsgált termékek együttes napi fogyasztását (3. ábra) vettük figyelembe. A vizsgált hat termék közül legfeljebb négyet (0,08 százalék) fogyasztottak egy napon. A vizsgált termékek napi fogyasztott tömegét a 3. táblázat mutatja.

4. táblázat | A vizsgált hat termék egy napon fogyasztott együttes tömege és a fogyasztás gyakorisága

Együttes fogyasztás (g/nap)	Relatív gyakoriság
20	98,76%
30	0,86%
40	0,31%
90	0,06%
95	0,02%
>95	0,00%

Forrás: saját szerkesztés

Az 5629 fogyasztási napon végzett felmérés alapján a hat vizsgált terményből az alma–szőlő, illetve az alma–őszibarack kombinációk tették ki a fogyasztott mennyiség 99,7 százalékát. A szamócaéresi szezonban az almafogyasztás nagyon alacsony. A cseresznye- és a paprikafogyasztás aránya nem számottevő. Az adatok (3. ábra és 4. táblázat) azt mutatják, hogy a kiválasztott, intenzív növényvédő szeres kezelésnek kitett termények naponkénti együttes fogyasztása csekély, és nem befolyásolja számottevően a fogyasztók hosszú távú kitétséget, ezért csak az akut kitétséget számítottuk.



3. ábra | A vizsgált termékek közül az egy napon fogyasztottak relatív gyakorisága

Forrás: saját szerkesztés

Akut referenciadózisuk (0,005–0,5 mg/ttkg/nap) és detektálási gyakoriságuk alapján az 1–2 éves korcsoportban a legnagyobb fogyasztók kumulatív kitétséget az acetamiprid, difenokonazol, fluopiram és indoxakarb szermaradék-koncentrációkkal számítottuk. Az eredményt az 5. táblázatban közöljük.

5. táblázat | A kiválasztott szermaradékok értékeiből számított veszélyességi indexek

Eset	HI*				ΣHI
	Alma	Szőlő	Őszibarack	Szamóca	
1	0,70	0,167			0,87
2	0,56		0,279		0,84
3	0,54	0,144			0,69
4	0,40		0,184		0,59
5	0,25	0,318			0,57
6	0,49				0,49
7	0,35		0,184		0,53
8	0,07			0,125	0,20
9	0,00			0,072	0,07
10	0,43				0,43
11	0,04	0,411			0,45
12	0,12			0,022	0,14

* A négy kiválasztott szermaradék kumulatív hatása az egyes és az együtt fogyasztott terményekben.

Forrás: saját szerkesztés

Külön értékeltük a kumulatív expozíciót (6. táblázat) az engedélyezett határértéket (MRL) meghaladó szermaradékot tartalmazó paprika (klórpirifosz) és szamóca

(flonikamid, propamokarb, tebukonazol) termények fogyasztásából (6 tétel), amelyekben az idegmérgek közül összesen tizenöt különböző szermaradék fordult elő. Mindkét terményben $HI < 1$, ami jelzi, hogy az MRL-értéknél magasabb szermaradék nem feltétlenül jelent egészségi kockázatot, tehát az ilyen eseteket egyedileg kell értékelni.

6. táblázat | Az egy mintában előforduló szermaradékokból számított HI-értékek

Termény	Korcsoport					
	1–2	2–3	3–9	9–18	18–64	64–74
Paprika	0,19	0,25	0,16	0,08	0,05	0,07
Szamóca	0,37	0,37	0,46	0,13	0,13	0,08

Forrás: saját szerkesztés

A vizsgálati eredmények értékelése

Magyarországon az 1960-as évektől a megyei növényvédő állomások laboratóriumaiban évi 5000–9000 mintában folyamatosan ellenőrzik a növényvédő szerekkel kezelt termények szermaradék-koncentrációját a fogyasztók egészsége és a környezet védelme érdekében. Az MRL-t meghaladó, valamint a kimutatási határ alatti minták aránya évenként 0,3–2,1 százalék, illetve 60–65 százalék között változott. Az egy mintában kimutatható szermaradékok száma az almában volt a legmagasabb (7–23).

A fokozott növényvédelmet igénylő, az átlagosnál gyakrabban vizsgált, többségében frissen fogyasztott hat gyümölcs és zöldség terményben (alma, cseresznye/meggy, őszibarack, paprika, szőlő, szamóca) vizsgáltuk a fogyasztók rövid távú akut expozícióját az Unió egységes módszerével, a 2018–2020 között végrehajtott országos felmérés fogyasztási adatai alapján. Az idegmérgek csoportjába tartozó, alacsony akut referenciaértékű, gyakran detektált tizenhét vegyület egyszeri akut expozícióját számítottuk és értékeltük. A veszélyességi kitevő (HQ_a) az 1–2 éves korosztályban volt a legmagasabb, de nem haladta meg a kritikus 1-es értéket.

A kumulatív expozíciót detektálási gyakoriságuk és ARfD-értékeik alapján az acetamiprid, difenokonazol, fluopiram és indoxakarb szermaradék-koncentrációkkal számítottuk. Az egy napon együtt fogyasztott terményeket figyelembe véve a HI_{max} 0,87 volt. Mivel a vizsgált termények lehető hányada >80 százalék, a mérési eredmények és a számítások reálisan tükrözik a fogyasztók expozícióját. Továbbá az évenként vizsgált nagyszámú mintában mért szermaradékok eloszlása (Ambrus *et al.* 2023a) alapján megállapítottuk, hogy a frissen fogyasztott termények döntő hányadának szermaradék-tartalma

nem kockáztatja a fogyasztók egészségét. A határértéket meghaladó szermaradék-értékeknél ($\leq 2,1$ százalék) a fogyasztói kockázatot esetenként kell megítélni.

Irodalomjegyzék

- Ambrus Á., Árpád Z., Bálint Sz., Csatlós I., Dudar E., Fülöp A. ... & Szabó L. (1976) A növényvédőszer-maradékok meghatározási módszerei I–IV. MÉM KNKL.
- Ambrus, Á., Senczi-Cseh, J., Doan, V. V. N. & Vásárhelyi, A. (2023a) Evaluation of monitoring data in foods. *Agrochemicals*, Vol. 2. No. 1. pp. 69–95. <https://doi.org/10.3390/agrochemicals2010006>
- Ambrus, Á., Vásárhelyi, A., Ripka, G., Szemánné-Dobrik, H. & Senczi-Cseh, J. (2023b) Evaluation of the results of pesticide residue analysis in food sampled between 2017 and 2021. *Agrochemicals*, Vol. 2. No. 3. pp. 409–435. <https://doi.org/10.3390/agrochemicals2030023>
- Ambrus, Á., Senczi-Cseh, J., Biró, L., Vásárhelyi, A. & Dobrik, H. S. (2023c) Assessment of Hungarian consumers' exposure to pesticide residues based on the results of pesticide residue monitoring between 2017 and 2021. *Agrochemicals*, Vol. 2. No. 3. pp. 458–483. <https://doi.org/10.3390/agrochemicals2030026>
- Ambrus Á., Vásárhelyi A. & Senczi-Cseh J. (2025) Növényvédőszer-maradékok vizsgálata Magyarországon 1968–2024 között. *Növényvédelem*, Vol. 3, pp. 110–118.
- Anastassiades, M., Lehotay, S. J., Štajnbaher, D. & Schenck, F. J. (2003) Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and 'dispersive solid-phase extraction' for the determination of pesticide residues in produce. *Journal of AOAC International*, Vol. 86. No. 2. pp. 412–431.
- Biró, L., Szeitz-Szabó, M., Biró, G. & Sali, J. (2011) Dietary survey in Hungary, 2009. Part II: Vitamins, macro- and microelements, food supplements and food allergy. *Acta Alimentaria*, Vol. 40. No. 2. pp. 301–312. <https://doi.org/10.1556/aalim.40.2011.2.14>
- Commission Directive 2002/63/EK (2002) Establishing community methods of sampling for the official control of pesticide residues in and on products of plant and animal origin and repealing. Directive 79/700/EEC. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32002L0063> [Letöltve: 2025. 02. 23.]
- Crivellente, F., Hart, A., Hernandez-Jerez, A. F., Hougaard Bennekou, S., Pedersen, R., Terron, A., Wolterink, G. & Mohimont, L. (2017) Establishment of cumulative assessment groups of pesticides for their effects on the nervous system. *EFSA Journal*, Vol. 17. No. 9. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5800>
- European Food Safety Authority (2014) Guidance on the EU Menu Methodology. *EFSA Journal*, Vol. 12. No. 12, 3944. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3944> [Letöltve: 2025. 03. 08.]
- Központi Statisztikai Hivatal (2024) Biogazdálkodás. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0038.html [Letöltve: 2025. 02. 22.]
- Rodler I., Biró L., Greiner E. ... & Kéki Zs. (2005) Táplálkozási vizsgálat Magyarországon, 2003–2004. *Orvosi Hetilap*, Vol. 146. No. 34. pp. 1781–1789.
- Senczi-Cseh, J. & Ambrus, Á. (2017) Uncertainty of exposure assessment of consumers to pesticide residues derived from food consumed. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, Vol. 52. No. 9. pp. 658–670. <https://doi.org/10.1080/03601234.2017.1331671>
- Zentai, A., Kerekes, K., Szabó, I. & Ambrus, Á. (2015) Refining customer exposure due to pesticide residues – Part I. *Journal of Food Investigation*, Vol. 41. pp. 681–719.