



**A FOGYASZTÓK NÖVÉNYVÉDŐSZER-MARADÉK EXPOZÍCIÓJA
BIZONYTALANSÁGÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK**

SZENCZI-CSEH JÚLIA

GÖDÖLLŐ

2017

A doktori iskola

megnevezése:	Élelmiszer-tudományi Doktori Iskola
tudományága:	Élelmiszertudományok
vezetője:	Dr. Vatai Gyula, PhD, DSc, tanszékvezető egyetemi tanár, Szent István Egyetem, Élelmiszer-tudományi Kar, Élelmiszeripari Műveletek Tanszék
Témavezető:	Dr. habil. Ambrus Árpád, CSc, címzetes egyetemi tanár

A doktori iskola- és a témavezető jóváhagyó aláírása:

A jelölt a Szent István Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, a műhelyvita során elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

A Szent István Egyetem Egyetemi Doktori és Habilitációs Tanácsa ÉDI-PhD-31/2017-i határozatában a nyilvános vita lefolytatására az alábbi Bíráló Bizottságot jelölte ki:

BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG

Elnöke:

Biacs Péter Ákos, DSc, SZIE

Tagjai:

Mohácsiné Farkas Csilla, PhD, SZIE

Gelencsér Éva, CSc, NAIK-ÉKI

Simonné Sarkadi Livia, DSc, SZIE

Fodor Péter, DSc, SZIE

Opponensek:

Bíró György, DSc, SE

Győri Zoltán, DSc, DE

Titkár:

Csóka Mariann, PhD, SZIE

TARTALOMJEGYZÉK

Jelölések, rövidítések jegyzéke.....	6
1. BEVEZETÉS.....	9
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	12
2.1. Kockázatbecslés	12
2.1.1. A kockázatbecslés helye a kockázatelemzésben	12
2.1.2. A kockázatbecslés négy lépése	13
2.1.3. Akut és krónikus expozícióbecslés.....	15
2.1.4. Lépcsőzetes kockázatbecslés	16
2.1.5. A növényvédőszer-maradékok étrendi bevitelének becslése	17
2.2. Bizonytalanság becslés	18
2.2.1. Variabilitás és bizonytalanság.....	18
2.2.2. Bizonytalanságok forrásai, típusai	20
2.2.3. Lépcsős bizonytalanság becslés	20
2.2.4. Bizonytalansági források rangsorolása jelentőségük szerint.....	23
2.3. Élelmiszer-fogyasztási felmérések	23
2.3.1. Az élelmiszer-fogyasztási felmérések módszerei.....	24
2.3.1.1. 2x24-órás visszakerdezés.....	24
2.3.1.2. Étrendi feljegyzés vagy napló	25
2.3.1.3. Élelmiszer-fogyasztási gyakoriság kérdőív.....	26
2.3.1.4. Étrendi anamnézis	27
2.3.2. Nemzeti szintű élelmiszer-fogyasztási felmérések.....	27
2.3.3. Nemzetközi harmonizációs törekvések	28
2.3.4. Az élelmiszer-fogyasztási felmérések bizonytalanságát befolyásoló főbb tényezők.....	30
2.3.4.1. Adagbecslés hibái.....	31
2.3.4.2. Receptvariabilitás és ehető hányad kérdései	34
2.3.4.3. Testtömeg és testmagasság meghatározás hibái	36
2.4. Növényvédőszer-maradékok	37
2.4.1. Növényvédőszer-maradékok eloszlása a kezelt területen és területek között	38
2.4.2. A növényvédőszer-maradék vizsgálati eredmények bizonytalanságát befolyásoló tényezők.....	39
2.4.2.1. A mintavétel relatív bizonytalansága.....	39
2.4.2.2. A mintaelőkészítés és az analitikai mérési eredmények relatív bizonytalansága.....	40
2.4.2.3. Feldolgozás relatív bizonytalansága	42
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	45
3.1. A fogyasztók növényvédőszer-maradék expozíciójának számítása	45
3.1.1. Az expozíció számítás alapadatai I: élelmiszer-fogyasztási adatok.....	45
3.1.1.1. Adagbecslés módszere.....	45
3.1.2. Az expozíció számítás alapadatai II: növényvédőszer-maradék adatok	50
3.2. Az adagbecslés hibájának statisztikai értékelése	52
3.2.1. Wilcoxon előjeles rangpróba	54
3.2.2. Kruskal-Wallis H próba.....	56
3.2.3. Kiugró értékek helyettesítése winsorizálással.....	56
3.2.4. Párosított mintás Wilcoxon előjeles rangpróba.....	57
3.2.5. A képeskönyv validálási eredményeinek statisztikai kiértékelése	58
3.3. Testtömeg mérésre alkalmas mérlegek kalibrálása.....	58

3.4. Tömeg egyenértékek meghatározásának módja	60
3.5. A mennyiségi bizonytalanságbecslés összefüggései.....	61
3.5.1. A szermaradék értékek kombinált bizonytalanságának számítása	62
3.5.2. Az STMR és STMR-P értékek bizonytalanságának számítása	63
3.5.3. Feldolgozásból származó bizonytalanság számítása	65
3.5.4. Ehető hányad szermaradék tartalmának bizonytalansága számítása	67
3.5.5. Receptek variabilitásának bizonytalanság számítása.....	68
3.5.6. Az elfogyasztott adagok felidézése bizonytalanságának számítása.....	69
3.6. Az expozíció kombinált bizonytalanság számítás gyakorlati végrehajtása.....	69
4. EREDMÉNYEK.....	70
4.1. A képek könyv validálás eredményeinek értékelése	70
4.1.1. Percepció alapú adagbecslés eredményei.....	72
4.1.2. Memória alapú adagbecslés eredményei	74
4.1.3. A percepció és memória alapú adagbecslés eredményeinek összehasonlítása	74
4.1.4. Tömeg egyenértékek meghatározása.....	75
4.2. Mérlegkalibráció.....	76
4.2.1. A testtömegmérések relatív hibája	76
4.2.2. A testtömeg-mérések megismételhetősége és reprodukálhatósága	77
4.2.3. Mérlegek linearitásvizsgálata.....	78
4.2.4. Mérlegkalibráció eredményeinek összefoglalása	79
4.3. Élelmiszerfogyasztásból származó bifentrin expozíció bizonytalanság becslése	80
4.3.1. A bizonytalanságok forrásainak számbavétele	80
4.3.2. Növényi termények és állati eredetű nyers élelmiszerek szermaradék tartalma relatív bizonytalanságának számítása.....	85
4.3.3. Feldolgozott termékek szermaradék tartalma relatív bizonytalanságának számítása	86
4.3.4. Receptvariabilitás relatív bizonytalanságának számítása.....	88
4.3.5. Otthon készített ételek bifentrin koncentrációjának bizonytalanságának számítása.....	90
4.3.6. Kenyerek bifentrin koncentrációja kombinált bizonytalanságának a számítása.....	96
4.3.7. Visszaemlékezés bizonytalanságának becslése.....	98
4.3.8. Bifentrin expozíció és kapcsolódó kombinált bizonytalanság összefoglalása.....	99
4.3.9. Bizonytalansági források rangsorolása	101
4.4. Új tudományos eredmények	104
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	107
6. ÖSSZEFOGLALÁS	109
7. SUMMARY	112
8. MELLÉKLETEK	114
M1. Irodalomjegyzék	114
M2. Értékelő tesztlap	126
M3. A közepes spagetti adagra vonatkozó összes becslés relatív gyakorisága	127
M4. A percepció módszerrel történt adagbecslés eredményeinek értékelése	128
M5. A memória alapú becslés varianciája.....	131
M6. Elfogyasztott élelmiszerek bifentrin koncentrációja és a napi kitettség bizonytalansága	132
9. A DISSZERTÁCIÓ TÉMÁJÁBAN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK.....	134
10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	135

JELÖLÉSEK, RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

ADI	Acceptable Daily Intake – elfogadható napi bevitel
ARfD	Acute Reference Dose – akut referenciadózis
BIPM	Bureau International des Poids et Mesures – Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatal
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung – Szövetségi Kockázatbecslési Intézet
bw	bodyweight – testtömeg
BMI	body mass index - testtömeg-index
CAC	Codex Alimentarius Commission - Codex Alimentarius Bizottság
CCPR	Codex Committee on Pesticide Residues – Növényvédőszer Maradékok Codex Szakbizottság
CV	Coefficient of Variation, relative standard deviation – variációs koefficiens
EC	European Commission - Európai Bizottság
EDI	estimated daily intake – becsült napi bevitel
EFCOSUM	European Food Consumption Survey Method - az EU 5. kutatási keretprogramja keretében végrehajtott táplálkozási adatfelvétel egységesítését célzó projekt rövid megnevezése
EFCOVAL	European Food Consumption Validation - az EU 5. kutatási keretprogramja keretében végrehajtott Európai Élelmiszer Fogyasztás Validálás projekt rövid megnevezése
EFSA	European Food Safety Authority – Európai Élelmiszer-biztonsági Hatóság
EPIC projekt	European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition – A Rák és a Táplálkozás Európai Előretékinő Vizsgálata
eRAC	edible raw agricultural commodity – nyers mezőgazdasági termék ehető hányada
ESTI	estimated short-term intake – becsült rövidtávú bevitel
EU	European Union – Európai Unió
FAO	Food and Agriculture Organization of United Nations – Egyesült Nemzetek Szervezetének Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezete
GEMS/Food	Global Environment Monitoring System/Food Contamination Monitoring and Assessment Programme - nemzetközi szennyezőanyag adatbázis
HR	highest residue – legmagasabb szermaradék koncentráció egy szerkísérletekből származó szermaradék adatsoron belül

HR-P	ighest residue in processed samples - legmagasabb szermaradék koncentráció feldolgozott mintákban
IARC	International Agency for Research on Cancer - Nemzetközi Rákkutató Központ
IEDI	international estimated daily intake – nemzetközi becsült napi bevétel
IESTI	International Estimated Short Term Intake – nemzetközi becsült rövidtávú bevétel
ILSI	International Life Sciences Institute - Nemzetközi Élettudományi Intézet
IPCS	International Programme on Chemical Safety - Nemzetközi Kémiai Biztonsági Program
JMPR	Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues – FAO/WHO szakértők növényvédőszer-maradékokkal foglalkozó együttes ülése
KW	Kruskal Wallis test – Kruskal Wallis próba
LOD	Limit of Detection – kimutatási határ
LOR	Limit of Reporting – jelentési határ
LOQ	Limit of Quantification – meghatározási határ
LP	large portion – nagy adag
MÉBIH	Magyar Élelmiszer-biztonsági Hivatal
MRL	Maximum Residue Limit - maximális szermaradék érték
NÉBIH	Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal
NÉBIH-ÉKI	Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Élelmiszer-biztonsági Kockázatértékelési Igazgatóság
NÉBIH-REFI	Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Rendszerszervezési és Felügyeleti Igazgatóság
NEDI	national estimated daily intake - nemzeti becsült napi bevétel
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development - Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet
OÉTI	Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet
OLEF	Országos Lakossági Egészségfelmérés
OTÁP	Országos Táplálkozás és Tápláltsági Állapot Vizsgálat
PANCAKE	Pilot study for the assessment of nutrient intake and food consumption among kids in Europe – Elő-vizsgálat az európai gyerekek tápanyagbevitelének és élelmiszer-fogyasztásának becsléséhez projekt rövid megnevezése
PANEU	Pilot study for the Assessment of Nutrient Intake and Food Consumption Among Adolescents, Adults and Elderly – Elő-vizsgálat az európai fiatalok, felnőttek és idősek tápanyagbevitelének és élelmiszer-fogyasztásának becsléséhez projekt rövid megnevezése

Pf	processing factor - feldolgozási faktor
PPR	Panel on Plant Protection Products and their Residues – az EFSA növényvédelmi termékekkel és maradékaikkal foglalkozó szakbizottsága
PRIMo	Pesticide Residues Intake Model – növényvédőszer-maradék bevitel modell
RAC	raw agricultural commodity - nyers mezőgazdasági termék
SD	standard deviation - szórás
SCENIHR	Scientific Committee of the European Commission on Emerging and Newly Identified Health Risks – az Európai Bizottság Újonnan Azonosított Egészségkockázatok Tudományos Bizottsága
SCHER	Scientific Committee of the European Commission on Health and Environmental Risks -az Európai Bizottság Egészségügyi és Környezeti Kockázatok Tudományos Bizottsága
SCCS	Scientific Committee of the European Commission on Consumer Safety – az Európai Unió Fogyasztók Biztonságával foglalkozó Tudományos bizottsága
STMR	Supervised trial median residue – szerkísérletekből származó szermaradék adatsor mediánja
STMR-P	Supervised trial median residue in processed commodity - szerkísérletekből származó szermaradék adatsor mediánja feldolgozott terményben
TMDI	Theoretical Maximum Daily Intake - elméleti maximális napi bevitel
US-EPA	United States Environmental Protection Agency – Egyesült Államok Környezetvédelmi Hivatala
WHO	World Health Organization – Egészségügyi Világszervezet
WHO-GEMS	World Health Organization Global Environment Monitoring System - Egészségügyi Világszervezet Globális Környezeti Monitoring Rendszer
WSRT	Wilcoxon signed rank test - Wilcoxon előjeles rangpróba
WSRTp	Wilcoxon Signed Rank test for paired data – párosított mintás Wilcoxon előjeles rangpróba

1. BEVEZETÉS

A táplálékkal bevitt növényvédőszer-maradékok mennyiségét akkor lehet megbecsülni, ha az élelmiszerek szermaradék mennyiségén kívül az élelmiszerfogyasztást, azaz az élelmiszer(ek) típusát, összetevőit, fogyasztott mennyiségét is ismerjük.

A növényvédő szerek (peszticidek) használata elkerülhetetlen annak érdekében, hogy megfelelő minőségű és mennyiségű termés álljon rendelkezésre Földünk növekvő lakosságának (2050-re előreláthatóan 9,1 milliárd ember) ellátásához (FAO 2011a). Előírások szerinti használatuk esetén nem a növényvédőszer-maradékok jelentik napjaink legnagyobb élelmiszer-biztonsági problémáját. Ennek ellenére a lakosság egy részének szemében még mindig a növényvédőszer-maradékok a legaggályosabbak (EUROBAROMETER 2010), így a növényvédőszer-maradékokkal kapcsolatos kockázatok kommunikációja is kihívás elé állítja a kockázatközléssel foglalkozó szakembereket.

A szermaradékok kimutatását a vizsgálatok döntő többségében nyers mezőgazdasági termékekben végzik (pl. gyümölcsök esetében nyers, tisztítatlan állapotban), így elengedhetetlen, hogy a fogyasztási felmérésekben is nyersanyag komponensekre bontsák a készételeket, összetett élelmiszereket, és a két adatsort összekapcsolják. Az egyén szintjén végzett fogyasztási felmérésekben az egyes fogyasztók nem rendelkeznek azzal az ismeretanyaggal, mely lehetővé tenné, hogy az elfogyasztott élelmiszereket a nyersanyag összetevőkre lebontva adják meg. Ilyen esetben sztenderd receptek segítségével becsülhető meg az elfogyasztott élelmiszer (pl. kenyér) készítéséhez felhasznált nyers alapanyag (pl. búza) mennyisége.

A növényvédőszer-maradékok étrendi bevitelének értékelése több céllal történhet. Az engedélyezés előtti, valamint forgalomba helyezést követő monitoring jellegű értékelést fontos megkülönböztetni. A növényvédő szer forgalomba helyezése előtti előzetes étrendi bevitelbecslést a különböző nemzeti hatóságok, illetve nemzetközi szinten a FAO/WHO Növényvédőszer-maradékok értékelésével foglalkozó szakértői bizottsága (JMPR) az 1980-as évek közepétől végzik. Jelenleg a nemzetközi gyakorlatban annak vizsgálatára, hogy a javasolt növényvédelmi technológia alkalmazását követően a fogyasztásra kerülő terményrészben maradó szermaradék koncentrációk jelentenek-e fogyasztói kockázatot, a WHO irányelvei szerint az egyszerűen alkalmazható és gyors determinisztikus módszerek terjedtek el, melyek a lakosságot reprezentáló átlagos, vagy adott élelmiszert jellemzően nagymértékben

fogyasztó (virtuális) személyt érő szermaradék bevitelt becsülik. Az EFSA érendi expozícióbecslést szolgáló determinisztikus PRIMo modellje (Pesticide Residue Intake Model) az EU tagállamok nemzeti élelmiszer-fogyasztási adataira épül (EFSA 2015a). A probabilisztikus eljárásokat, ahol a bevitelt is és a toxikus dózisokat is eloszlásként modellezzük, e célra rutinszerűen nem alkalmazzák.

Az Európai Unió egyes országainak élelmiszer- és italfogyasztási szokásai szignifikáns eltérést mutatnak (EFSA 2009, 2014), jelentős különbségek mutathatók ki pl. gyümölcsök, zöldségek, hüvelyesek, vaj és növényi olajok fogyasztásában. Az elmúlt években az Európai Élelmiszer-biztonsági Hatóság (EFSA) jelentős lépéseket tett arra, hogy összegyűjtse az élelmiszer-fogyasztási szokásokra vonatkozó adatokat, többek között kezdeményezte a 10-74 éves korosztály körében végzett élelmiszer-fogyasztási felmérések adatainak összegyűjtésére vonatkozó egységes metodika kidolgozását a PILOT PANEU (Pilot study for the Assessment of Nutrient Intake and Food Consumption Among Adolescents, Adults and Elderly) projekt keretében, ami alapját képezi a jelenleg folyó európai szintű EU Menu fogyasztási felmérésnek. A pályázatot elnyert, 6 országból álló nemzetközi konzorcium vezető-helyetteseként részt vehettem a harmonizált felmérésekre vonatkozó átfogó útmutató egyes részeinek, többek között a képeskönyv validálására vonatkozó protokollok kidolgozásában, a képeskönyv alkalmazhatóságának validálási módszerének megtervezésében, a felmérés operatív lebonyolításában. Jelen kutatómunka annyiban kapcsolódik a PILOT-PANEU projekthez, hogy a képeskönyv validálás gyakorlati végrehajtását a felkért munkatársi gárda közreműködésével végeztem el. Az eredmények statisztikai értékelése önálló munkám. A további elemzések és módszerek kidolgozása már független a projekttől.

A rendelkezésre álló fogyasztási és növényvédőszer-maradék adatok, majd az élelmiszer-biztonsági kockázatbecslés eredményének korrekt értelmezéséhez, kommunikációjához elkerülhetetlenül szükség van az elfogyasztott élelmiszerrel az ember szervezetébe jutó számított növényvédőszer-maradék kombinált bizonytalanságának ismeretére, különösen olyan esetekben, amikor a számított expozíció megközelíti a toxikológiai referenciaértéket (ARfD, ADI). Kutatómunkám során a determinisztikus növényvédőszer-maradék expozícióbecslés általános és módszerspecifikus bizonytalansági forrásainak azonosítására, lehetőség szerint azok nagyságrendjének mennyiségi jellemzésére törekedtem. Míg a növényvédőszer-maradék vizsgálati eredmények bizonytalanságára, illetve a szermaradékok eloszlására vonatkozóan számos irodalmi adattal rendelkezünk, az elfogyasztott

élelmiszerekkel a szervezetünkbe kerülő toxikus vegyületek mennyiségi meghatározáshoz alkalmazott metodika bizonytalanságának becslésére ismereteim szerint eddig csak elvi útmutatók készültek.

Tekintettel arra, hogy a növényvédő szerek engedélyezés előtti fogyasztói kockázatbecslésében jelenleg a determinisztikus becslés tekinthető széleskörben reálisan kivitelezhető módszernek, a kapott eredmények, valamint rendelkezésre álló irodalmi adatok gyakorlati alkalmazhatóságát egy determinisztikus kockázatbecslés gyakorlati példáján keresztül mutatom be, a bifentrin modellvegyület alkalmazásával. A bizonytalansági források hozzájárulásának ismerete lehetőséget ad a kritikus komponensek azonosítására, lehetőség szerinti csökkentésére, illetve a rendelkezésre álló erőforrások optimális felhasználására.

Kutatómunkám során az alábbi, elméleti és gyakorlati célokat fogalmaztam meg:

1. A fogyasztott élelmiszerek mennyiségének EPIC-SOFT képekönyv alkalmazásával történő becslése hibájának meghatározása.
2. A fogyasztási adatok becsléséhez társuló bizonytalanság forrásainak azonosítása, lehetőség szerinti számszerűsítésük.
3. A növényvédő szerek engedélyezését megelőző kockázatbecsléshez felhasználható szermaradék koncentrációk bizonytalansági forrásainak azonosítása, lehetőség szerinti számszerűsítésük.
4. A fogyasztók determinisztikus módszerrel meghatározott növényvédőszer-maradék expozíciója kombinált bizonytalanságának számítására alkalmas eljárás kidolgozása és alkalmazásának bemutatása gyakorlati példával, a bifentrin modellvegyület alkalmazásával.
5. A bizonytalansági források fontosságának rangsorolása a számított expozíció összegzett kombinált bizonytalanságához történő hozzájárulásuk alapján.

A táplálékfogyasztás mérésére az egyéni fogyasztási felmérések során alkalmazható 2x24-órás kikérdezési, felidézési módszert választottam, mivel az EFCOSUM kutatás, majd a PILOT PANEU és PANCAKE konzorciumok javaslata alapján is ez képezi alapját a jelenleg folyó európai szintű EU Menu fogyasztási felmérésnek. Növényvédő szer modellvegyületnek a bifentrint alkalmaztam, tekintve, hogy szermaradéka előfordul a két nap során fogyasztott gabona alapú élelmiszerekben, gyümölcsökben és a feldolgozott termékekben. Kellő mennyiségű adat áll rendelkezésre ahhoz, hogy illusztrálni lehessen velük a bizonytalanságot. Az állati termékeknél fennálló részleges adathiánnyal pedig bemutatásra került az információ hiányából fakadó bizonytalanság, illetve ennek jelentősége.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Kockázatbecslés

A kockázat a veszély miatt jelentkező egészségkárosító hatás valószínűségének és a hatás súlyosságának a függvénye. A kockázat mértéke ezért a veszély előfordulásának gyakoriságától (P) és a veszély következményének súlyosságától (S) függ:

$$\text{Kockázat} = P \times S \quad (1)$$

A kockázat érzékelését illetően igen nagy különbségek lehetnek a társadalom különböző csoportjai (pl. a szakértők és az átlagos fogyasztók) között. Az élelmiszer-biztonsági veszélyek és kockázatok rendszerszemléletű kezelése a kockázatelemzés. A rendszerszemléletű megközelítés azt jelenti, hogy a molekuláris alapoktól egészen a társadalmi szintű következményekig együtt akarjuk látni a feladatokat.

2.1.1. A kockázatbecslés helye a kockázatelemzésben

A kockázatbecslés része a kockázatelemzés hármasának, melynek további elemei a kockázatkezelés és a kockázatkommunikáció. A kockázatbecslés ismeretében az érintettekkel folytatott „interaktív” kockázatközlés figyelembevételével hozott döntések alapján végzik a kockázatkezelést. A kockázatelemzési rendszer korszakunk meghatározó jelentőségű élelmiszer-biztonságot szolgáló irányzata, aminek kvantitatív kockázatbecslésen alapuló formája a legfejlettebb élelmiszer-biztonsági rendszerrel rendelkező területeken is csak most bontakozik ki.

A kockázatbecslésnek a fentiek szerint számításba kell vennie mind a veszély előfordulásának valószínűségét, mind a következmény súlyosságát. A kockázatközlés a jogszabályozók, a tudományos közösség és a társadalom többi része közötti információcserét jelenti, amelyre folyamatosan szükség van. A kockázatkezelés egyrészt a kormányzati döntéshozók és jogszabály alkotók, másrészt a termelő/feldolgozó és kereskedelmi tevékenységet végzők feladata. A háromféle tevékenységi kör között folyamatos és dinamikus kölcsönhatás szükséges (FARKAS et al. 2011).

Az Európai Unióban az élelmiszer-biztonsági kockázatbecslést az Európai Élelmiszer-biztonsági Hatóság végzi, állásfoglalásait független tudományos elemzés alapján adja

ki. Az EFSA a kockázatkezelésben (döntéshozatalban és ellenőrzésben) nem vesz részt. Ezt a kockázatbecslés alapján az Európai Bizottság és a tagállamok döntéshozó szervei végzik. Az EFSA emellett kockázat-kommunikációval is foglalkozik, állásfoglalásait a döntéshozók, fogyasztók és más érdekelték részére készíti.

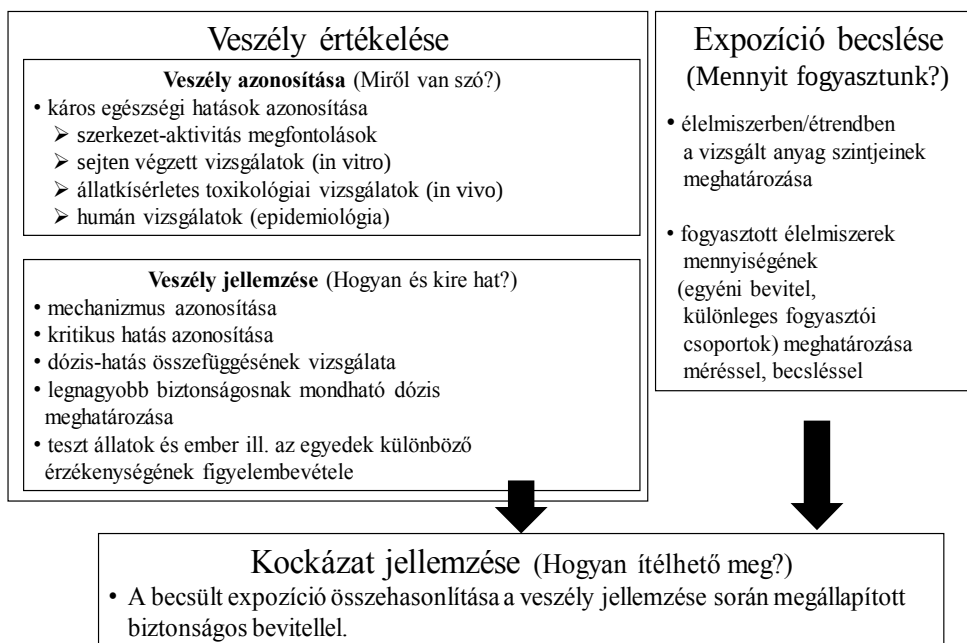
Hazai szinten a döntéshozatal legfőbb szerve a Földművelésügyi Minisztérium. Az élelmiszerbiztonság fő ellenőrző szerve pedig a termőföldtől az asztalig a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH), melynek külön egységei (Élelmiszer-biztonsági Kockázatértékelési Igazgatóság (ÉKI) és Rendszerszervezési és Felügyeleti Igazgatóság (REFI) foglalkoznak élelmiszer-biztonsági kockázatbecsléssel. A kockázakezelést helyi szinten a NÉBIH szakmai irányítása alatt álló kormányhivatalok szakmai részlegei végzik.

A kockázatbecsléssel kapcsolatos fő követelmény, hogy legyen célirányos, adja a lehető legpontosabb választ a kockázatkezelők kérdésére, legyen tudományosan megalapozott, áttekinthető és kellően részletes ahhoz, hogy reprodukálni lehessen, továbbá (ha lehetséges) adja meg a becsült érték bizonytalanságát (CAC 2007).

2.1.2. A kockázatbecslés négy lépése

A célkitűzések meghatározása az első teendő, azaz fel kell tenni a kérdést, miért készül a kockázatbecslés, milyen kockázat jövőbeni megelőzése, mérséklése érdekében kell azt elvégezni és milyen fogyasztói populációra vonatkozik? Az élelmiszer-biztonsági kockázatbecslés ezt követően négy fő lépésre bontható: a veszély azonosítása, a veszély jellemzése, az expozíció (bevitel, kitettség) becslése és a kockázat jellemzése (1. ábra).

Az első lépés az élelmiszer fogyasztásából származó ismert vagy lehetséges egészségi veszély azonosítása. Második lépésben, a veszély jellemzése során történik az ártalmas hatás természetének minőségi és mennyiségi értékelése. Kémiai anyag esetén a dózis-hatás összefüggés elemzése történik, vagyis annak jellemzése, mekkora mennyiség milyen jellegű hatást (akut, szubakut, vagy krónikus egészségkockázatot) jelent a lakosság számára. Ennek kifejezése toxikológiai referenciaértékek megállapításával történik.



1. ábra: A kockázatbecslés folyamatának lépései (CAC 2007)

Az expozíció számítása, mint harmadik lépés során annak becslése történik, hogy mekkora mennyiséget fogyaszt el a fogyasztó a kérdéses anyagból. E folyamat része az adatgyűjtés:

- a fogyasztásra kerülő élelmiszer típusáról, mennyiségéről, a fogyasztás gyakoriságáról,
- az előállításához felhasznált anyagok szennyezettségének mértékéről és gyakoriságáról,
- a feldolgozási, kezelési és tárolási stb. tevékenységeknek, műveleteknek a szennyezőanyagokra gyakorolt hatásairól.

Ehhez a feladathoz szolgálnak hasznos információkat a táplálkozási statisztikák, valamint a szennyezőanyag adatbázisok.

Az utolsó lépésben, a kockázat jellemzése során az első három lépésből következtetve, és a bizonytalanságokat is figyelembe véve annak értékelése történik, hogy a vizsgált populációban várhatóan milyen szintű egészségártalom fordulhat elő a vizsgált anyag fogyasztásának következtében.

Az első két lépés (veszély azonosítása és veszély jellemzése) lényegében toxikológiai hatáselemzés, melyhez a toxikológiai referenciaértékek megállapítása köthető, amit a

kockázat jellemzése során figyelembe kell venni. Munkámban a kockázatbecslési folyamatból az expozíció becslése és a kockázat jellemzése kapja a hangsúlyt.

A kockázat- és expozícióbecslési módszerek kiválasztását befolyásolja a becslés célja (hosszú-, rövidtávú bevitel, teljes lakosság/fogyasztói csoport, elvárt pontosság), a vizsgált anyag és a rendelkezésre álló információk.

2.1.3. Akut és krónikus expozícióbecslés

Az expozíció számítása során arra keresik a választ, hogy a rendelkezésre álló adatokat és körülményeket mérlegelve a vizsgált fogyasztói kör bevétele megközelítheti-e, elérheti-e, vagy meghaladhatja-e azt a kritikusnak tekinthető referenciaszintet, amit a toxikológiai vizsgálatok alapján az erre hivatott értékelő szervek megállapítottak. Ezen referenciaértékek két leggyakoribb mutatója akut esetben az akut referencia dózis (ARfD), krónikus esetben pedig az elfogadható napi bevitel (ADI). Akut esetben egy legfeljebb 24 órás napi időszakra vonatkozik a referenciaérték, míg a krónikusnál a megadott napi mennyiséget egy egész életen át fogyasztva sem várható káros egészségi hatás a referenciaértékek megállapításakor rendelkezésre álló összes tudományos eredmény alapján. A referenciaértékek megadása testtömeg kilogrammra vonatkoztatva történik. Az expozíció számítását a fogyasztott élelmiszer mennyiség és az élelmiszerben lévő szennyezőanyag/szermaradék koncentráció szorzásával végzik. A becsült rövidtávú bevitel, a 24 óra alatt elfogyasztott élelmiszerrel a szervezetbe jutó szermaradék mennyiségének, számítása az IESTI (international estimated short term intake) egyenletekkel történik, a legegyszerűbb esetben az alábbiak szerint:

$$IESTI = \frac{LP \times (HR \text{ vagy } HR-P)}{tt} \quad (2)$$

ahol az LP a nagy adagot, vagyis egy adott élelmiszerből a fogyasztók által naponta fogyasztott mennyiség 97,5 percentiliséét, a HR, illetve HR-P a mért szermaradék legmagasabb koncentrációját jelenti feldolgozatlan, illetve feldolgozott terményben. A mg/testtömeg kg-ban kifejezett értékeket az ARfD-al vetik össze.

A becsült krónikus bevitelbecslés az ún. IEDI (international estimated daily intake) vagy NEDI (national estimated daily intake) egyenleteket alkalmazza.

Az étrendi beviteli mennyiségeket az STMR (szerkísérletekből származó szermaradék adatsor mediánja) vagy az STMR-P (szerkísérletekből származó szermaradék adatsor mediánja feldolgozott terményben) eredményei, valamint a vonatkozó fogyasztási adatok alapján számolják nemzetközi (IEDI) vagy nemzeti (NEDI) szinten:

$$EDI = \sum (STMR_i \text{ (vagy STMR-P}_i) \times F_i) \quad (3)$$

ahol az $STMR_i$ vagy $STMR-P_i$ a medián szermaradékot, és F_i az i -edik élelmiszer átlag fogyasztását jelöli. A fogyasztási adatok a GEMS/Food adatbázis regionális csoport vagy a nemzeti fogyasztási felmérések adatbázisából származhatnak. Az átlagos napi fogyasztás a felmérésben résztvevő egyének élelmiszer-fogyasztási adatainak eloszlásából származtatható, úgy, hogy a kiválasztott csoport minden egyedét figyelembe veszik (fogyasztókat, nem-fogyasztókat egyaránt). A számított IEDI vagy NEDI beviteli értékeket (mg/ttkg-ban kifejezve) összehasonlítják a vonatkozó ADI (mg/testtömeg kg) értékekkel.

Egy adott személy akut expozíciója naponta változik a nyersanyagok szennyezettségének és a napi fogyasztás változékonysága miatt. A krónikus becsléshez a nyersanyagok átlagos szermaradék tartalmát elegendő ismerni. A krónikus becslés legnagyobb kihívása a viszonylag rövidtávú fogyasztási felmérések adatainak hosszú távra vonatkoztatása. Ehhez nem elég, ha napi fogyasztási adatok rendelkezésre állnak, az adott személy napi fogyasztásának változékonyságát kell jellemezni. Egy kétnapos vagy akár egy hetes felmérés nem adhat számot minden olyan élelmiszer-fogyasztásról, amit a személy egész élete során magához vesz. A ritkán fogyasztott élelmiszerek esetén alá- vagy fölébecslés is előfordulhat. A számított bevitel kívánt pontosságú és megbízható megadásához általában számos egyéb megfontolást és feltételezést is kell tenni. A bevitel számításához azonban elengedhetetlen, hogy megfelelő fogyasztási és koncentráció adatok álljanak rendelkezésre (WHO 1997a, EFSA 2015b).

2.1.4. Lépcsőzetes kockázatbecslés

Az elméletileg naponta a szervezetbe bekerülő maximális mennyiség (TMDI) számításokat már az 1970-es évek közepén is alkalmazták, illetve 5 regionális fogyasztási adatbázis használata 1989-ben megkezdődött, azaz rendelkezésre álltak adatok a mennyiségi kockázatbecsléshez. Az 1990-es évek közepéig az élelmiszer-

biztonsági kockázatokat nemzeti szinten többnyire mégis minőségi (kvalitatív) módon becsülték, tapasztalatokat és szakértői véleményeket figyelembe véve. Emiatt a fogyasztók védelmét szolgáló egészségpolitikai döntések és jogszabályok is nagyrészt csupán szubjektív és spekulatív megfontolásokon alapulók lehettek. Napjainkban növekvő igény, hogy az élelmiszerbiztonság alapvető célját szolgáló megelőző szabályozási rendszer objektív és lehetőség szerint mennyiségi (kvantitatív) elemzéseken, kockázatbecsléseken alapuljon. Ehhez szükség van a fogyasztói populáció (nem egyes konkrét személyek) által a kérdéses élelmiszer(ek) révén bevitt szennyezőanyagok vagy kórokozók mennyiségének és a megbetegedések ezekről függő valószínűségének becslésére is (FARKAS et al. 2011).

Az EFSA egymásra épülő, lépcsőzetes megközelítést alkalmaz a kockázatbecslésben. Egy kezdeti szubjektív, kvalitatív értékelés kvantitatív, determinisztikus vagy probabilisztikus eljárással folytatódik. A determinisztikus becslés során mind az expozícióbecslésnél, mind az ADI/ARfD megállapításánál az elővigyázatosság elve szerint konzervativitásra törekednek. A kockázatot a bizonytalan, konzervatív irányba mutató elemek alapján jellemzik. A determinisztikus megközelítés pontbecslést alkalmaz, egy adathalmazból egyetlen maximum értéket, vagy átlag értéket vesz alapul és ezzel jellemzi a bevitel értékét. Ez a megközelítés a vizsgált populáció lehetséges kitettségének tartományát nem vizsgálja, nem írja le az egyének lehetséges kitettségét a populáción belül. A kimeneti érték egy csoport lehetséges kitettségét, kockázatát jellemzi. A teljeskörű probabilisztikus becslésnél ezzel szemben a bevitelt is és a toxikus dózisokat is eloszlásként modellezik, bizonytalansági intervallumuk megadásával (WHO 1997a).

2.1.5. A növényvédőszer-maradékok étrendi bevitelének becslése

A növényvédőszer-maradékok étrendi bevitelének értékelése több céllal történhet. Az engedélyezés előtti, valamint a forgalomba helyezést követő monitoring jellegű értékelést fontos megkülönböztetni. A növényvédő szer forgalomba helyezése előtti előzetes étrendi bevitelbecslést a különböző nemzeti hatóságok, illetve nemzetközi szinten a JMPR az 1980-as évek végétől determinisztikus módszerrel végzik. Az EFSA étrendi expozícióbecslést szolgáló determinisztikus PRIMo modellje (Pesticide Residue Intake Model) az EU tagállamok nemzeti élelmiszer-fogyasztási adataira épül (EFSA 2015a). A probabilisztikus eljárásokat e célra rutinszerűen csak az Egyesült Államokban alkalmazzák (WHO 1997a).

2.2. Bizonytalanság becslés

A kockázatbecslés eredménye általában egy-egy szám vagy számhalmaz, melynek értékeléséhez ismerni kell, hogyan születtek az eredmények, és az értékelésnek melyek a bizonytalan elemei. A kockázatbecslés eredményeinek közlésénél a fölé- és az alábecslés lehetőségét egyaránt szem előtt tartva fontos a bizonytalanságokat számba venni, azokat minőségileg és/vagy mennyiségileg egyértelműen jellemezni, megadni, hogy milyen, mekkora a hatásuk a kockázatbecslés egésze szempontjából. A rendelkezésre álló tudományos információk bizonytalanságát és a kockázatot jelentő tényezők variabilitását mindig mérlegelni kell. A kockázatbecslésnél használt feltételezéseknél és a kockázatkezelési alternatívák összevetésénél gondolni kell a kombinált bizonytalanság mértékére.

A mérési bizonytalanság értelmezésének, meghatározásának és megadási módjának egységesítésére, harmonizálására az 1970-es évek végén fogalmazódott meg az igény (BIPM 2008). A kockázatbecslés bizonytalanságainak fontosságát kicsit később számos nemzetközi szervezet ugyancsak felismerte. Munkám szempontjából a leglényegesebb útmutatók: US-EPA (2001), CAC (2007), EFSA (2007), WHO/IPCS (2008), ECHA (2012), BfR (2014). 2014-ben az ILSI foglalkozott az étrendi expozícióbecslés bizonytalanságbecslésével, melynek kapcsán KETTLER és munkatársai (2015) átfogó szakeikket közöltek a bizonytalanságbecslés lépcsőzetes megközelítéséről. Az EFSA 2007-ben kiadott útmutatója (EFSA 2007) időközben átdolgozásra került, ezen változat (EFSA 2016) véglegesítése 2017-ben várható.

Míg a mintavétel, analitikai vizsgálatok bizonytalanságára, illetve a szermaradékok eloszlására számos szakirodalmi adat áll rendelkezésre (ELLISON és WILLIAMS 2012), az elfogyasztott élelmiszerekkel, ételekkel a szervezetünkbe kerülő toxikus vegyületek mennyiségi meghatározásához alkalmazott metodika bizonytalanságának becslésére ismereteim szerint eddig csak a fentiekben felsorolt elvi útmutatók készültek.

2.2.1. Variabilitás és bizonytalanság

A kiadott nemzetközi útmutatók alapján a bizonytalanságnak különböző jelentése, definíciója létezik (EFSA 2007, WHO/IPCS 2008, BIPM 2008, EC SCHER, SCENIR 2013). A variabilitás és bizonytalanság fogalma között különbséget szükséges tenni.

A variabilitás (változékonyság) a figyelembe vett rendszerben valójában megjelenő értékek tartományára utal. Egy populációban megjelenő variabilitás pl. a testmagasságban, testtömegben vagy étel- és ital-fogyasztásban elkerülhetetlen. A rendszerben lévő minden elem más-más értékeket vehet fel, és ezt a természetes változékonyságot a további információgyűjtéssel sem lehet megszüntetni.

A kockázatbecslésben a bizonytalanság a nem ismert, hiányos és/vagy hibás információkból fakad, pl. pontatlan 24-órás visszaemlékezésből adódó kenyérfogyasztásra vonatkozó adat bizonytalansága, vagy a mérési hibából fakadó almán lévő szermaradék koncentráció bizonytalansága. A variabilitásnak is lehet bizonytalansága, pl. egy étel- és ital-fogyasztásának variabilitására közelítő értéket tudunk mondani. Az adott értéket jellemző, ismerethiányból adódó bizonytalanság további adatgyűjtéssel csökkenthető és a várható előfordulási tartomány pontosítható. A metrológiában a bizonytalanság tulajdonképpen az eredmények várható érték körüli szóródását jelenti. Egy mérés bizonytalansága olyan, a mérési eredménnyel összefüggő parameterként definiált, ami azon értékek eloszlását jellemzi, amelyeket a mérendő parameterhez lehet társítani. A parameter lehet standard deviáció vagy ennek adott szorzata (BIPM 2008). A mennyiségi eredmények tudományosan megalapozott értelmezéséhez ismerni kell azt a tartományt, amelyben a valós érték előfordulásával adott valószínűséggel számolni lehet. A fogyasztói expozíció bizonytalanságának meghatározásánál a biológiai és kémiai vizsgálatokban szokásos 95%-os valószínűségi szintet alkalmazzák. További adatgyűjtéssel az efféle bizonytalanság (például az analitikai vizsgálati eredmény bizonytalansága) nem csökkenthető.

Összefoglalva, a bizonytalanság a nem elegendő ismeretek miatt van, a variabilitás pedig a tényleges változékonyságokkal (biológiai, szezonális stb.) függ össze. A bizonytalanságok mértéke attól függ, hogy milyen lényeges adatok vagy ismeretek hiányoztak a becslés során. A variabilitás pedig annak a kifejeződése, hogy milyen tényezők ingadozásai befolyásolják a kockázat mértékét. Ismeretük segítik a döntéshozókat, hogy mérlegelni tudják, melyek voltak a kockázatbecslésnek az erősségei és korlátai, s eldönthessék, hogy milyen további adatgyűjtésre és kutatásra van szükség.

2.2.2. Bizonytalanságok forrásai, típusai

KETTLER és munkatársai (2015) cikkükben – a WHO/IPCS (2008) és EFSA útmutatói (2007, 2016) alapján – számba vették az expozícióbecslés bizonytalanságainak forrásait és típusait.

A bizonytalanság forrásai a kitettség becslés azon komponensei, melyek hozzájárulhatnak a kimenet összetett bizonytalanságához. A források csoportosíthatók aszerint, hogy a tudásbeli hiányosságok az expozíciós forgatókönyvben, a modell-bemeneti paramétereknél vagy a modellben jelentkeznek, vagy amint az EFSA fogalmaz, “az értékelés céljaihoz, az expozíciós forgatókönyv(ek)hez, az expozíció modellhez, a bemenetekhez és az értékelés végzéséhez” kapcsolatosan fordulnak elő. A WHO/IPCS (2008) szerint a három kategóriát alkalmazó besorolás rugalmas, ami a gyakorlatban átfedésekhez vezethet, és nem minden esetben hozható egyértelmű döntés arról, hogy egy bizonytalanság mely kategóriába tartozik.

A bizonytalanság típusa a bizonytalanság természetére vonatkozik. A kitettség becslést befolyásoló bizonytalanságoknak különböző típusai lehetnek, pl. pontatlan megfogalmazás, mérési bizonytalanság, mintavételi bizonytalanság, alapértelmezett érték bizonytalansága, extrapolációval kapcsolatos bizonytalanság.

A bizonytalanságok forrásai és típusai - a determinisztikus és probabilisztikus modellekben - eltérhetnek, vagy változhatnak. Az általános bizonytalansági forrásokat (közös a pontbecslések és probabilisztikus becslési módszerek esetében), külön kell választani a modell-specifikus bizonytalanságoktól (EFSA 2007).

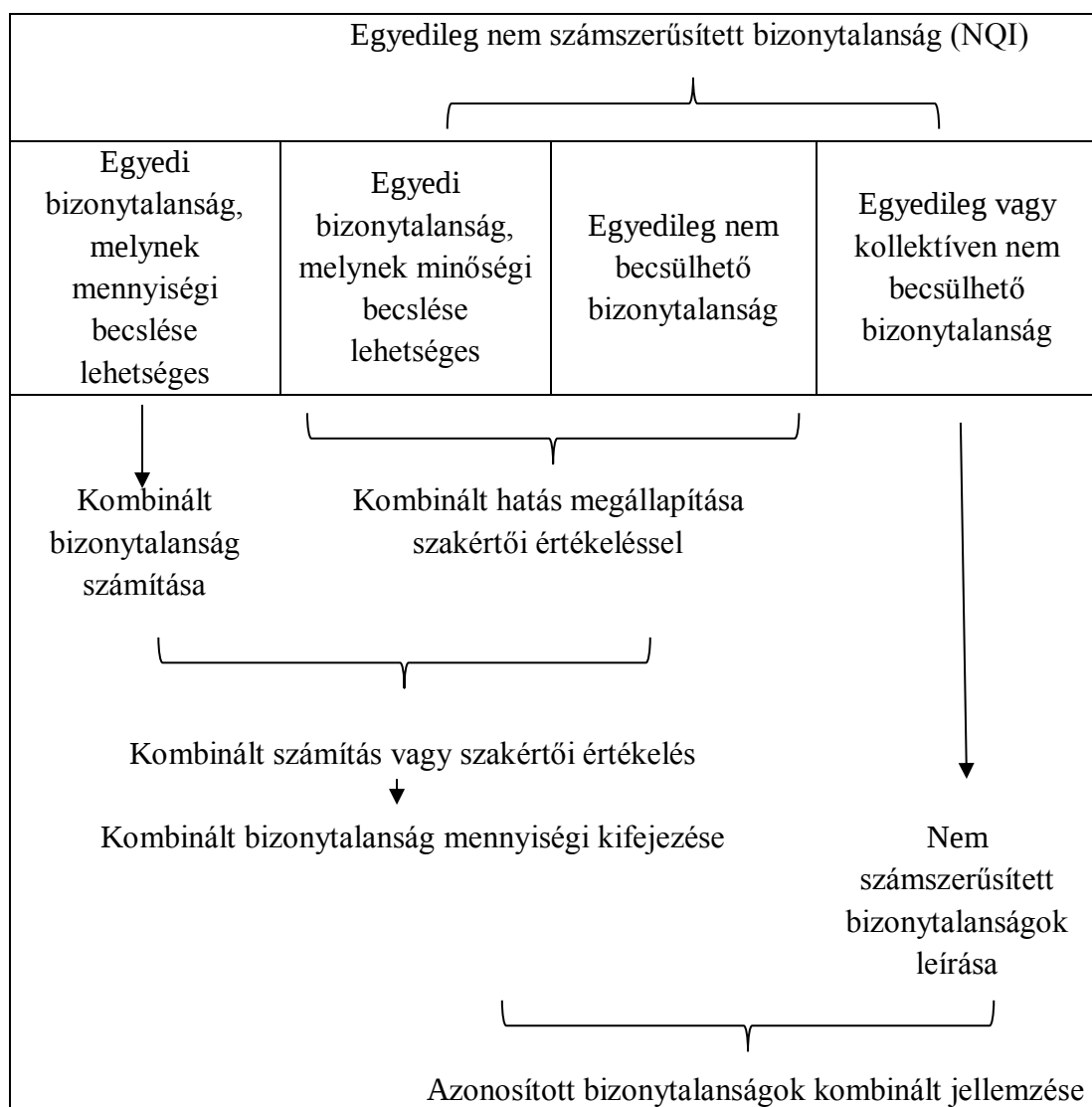
2.2.3. Lépcsős bizonytalanság becslés

A bizonytalanság elemzése nem igényel több adatot annál, mint ami rendelkezésre áll, ellenben jellemzi a meglévő adatokkal összefüggő bizonytalanságot. Segít azonosítani az adathiányt, azonban ez nem feltétlenül jelenti azt, hogy további adatot szükséges szolgáltatni. Nem gyakorlatias vagy feltétlenül szükséges az, hogy minden kitettség becslés alkalmával azonos mértékben részletes bizonytalanság becslésre kerüljön sor. A ráfordításoknak és részleteknek arányban kell állniuk az igényekkel (EFSA 2007). A WHO/IPCS (2008) útmutató a variabilitás és bizonytalanság jellemzéséhez egy 4-lépcsős (szűrés, minőségi, mennyiségi determinisztikus, mennyiségi probabilisztikus) megközelítést javasol.

Az EFSA útmutatója (2007, 2016) által javasolt 3-lépcsős megközelítés egy kezdeti kvalitatív (1. lépés) értékelés után determinisztikus (2. lépés), vagy probabilisztikus eljárással (3. lépés) folytatódik. A kvalitatív becslés fő feladata az egyes bizonytalanságok irányának és mértékének jellemzése (a végső eredményhez viszonyítva), valamint az összes bizonytalanság összetett hatásának (kombinált bizonytalanság) jellemzése. Az így kapott eredmény kifejezhető pl. minőségi skála vagy +/- jelölés alkalmazásával. A pozitív előjel azt jelenti, hogy a bizonytalanság a kitettség kis (+), közepes (++) vagy nagy (+++) fölébecslését, illetve kis (-), közepes (--) vagy nagy (---) alábecslését okozhatja. Egyes bizonytalanságoknál előfordulhat, hogy fölé- vagy alábecslést is okozhatnak, ilyenkor pl. ++/-- jelölés alkalmazható (EFSA 2007). Például, ha a fogyasztás közepes alábecslése ismert jelenség, akkor ennek jelölése (--) jellel történhet.

A bizonytalanság determinisztikus modellezésénél a bizonytalan változókat különböző, alternatív pontértékeként kezelve azt vizsgálják, hogy ezek összességében lehetnek-e olyan mértékben hatással a végeredményre, hogy megváltoztassák annak kimenetét. A konzervatív, biztonságra törekvő determinisztikus értékelés segít annak felderítésében, melyik bemeneti adat bizonytalansága járul hozzá a kombinált bizonytalansághoz oly mértékben, hogy az már hatással lehet a becslés kimenetére is, és megváltoztathatja a kockázatkezelői döntést. Az eredmények közlésekor a legjobb vagy a pesszimista becslés adható a bizonytalan bemeneti adatok lehetséges értékeinek egyéni adattal, terjedelemmel történő kifejezésével, az előfordulás valószínűségének megadása nélkül (EFSA 2007). Amennyiben a bizonytalanságok miatt nem zárható ki a kedvezőtlen eredmény, illetve kellő mennyiségű és minőségű adat áll rendelkezésre, probabilisztikus modellel elemezhető, milyen gyakran következnek be bizonyos expozíciók, és jellemezhető ezek valószínűsége, eloszlása is.

A bizonytalanság elemzését az EFSA hat lépésben tanácsolja elvégezni (2007, 2016): (1) bizonytalanságok azonosítása, jellemzése, (2) a források azonosítása, (3) azonosított bizonytalansági tényezők végeredményre gyakorolt hatásának átfogó vizsgálata, (4) az egyes tényezők hatásának elemzése, (5) dokumentáció és (6) jelentés (2. ábra).



2. ábra: A kombinált bizonytalanságot elemző eljárás illusztrációja (EFSA 2016)

Az egyedi bizonytalanságok, valamint az egyedileg értékelt bizonytalanságok kombinált bizonytalanságának becslésére az EFSA (2016) az 1. táblázatban összefoglalt módszerek alkalmazását tartja alkalmasnak.

1. táblázat: Egyéni és kombinált bizonytalanságok becslésére alkalmas módszerek (EFSA 2016)

Egyedi/Kombinált bizonytalanság becslése	Módszerek típusa	Alkalmazható módszerek
	Minőségi	• Szakértői vélemény • Leírás • Sorrenden alapuló skála (ordinális skála) • NUSAP* • Mátrixok** • Bizonytalansági táblák
	Mennyiségi – determinisztikus	• Intervallum-elemzés • Konzervatív feltételezések • Szemi-formális szakértői tudás (expert knowledge elicitation)
	Mennyiségi – probabilisztikus	• Konfidencia intervallumok • Bootstrap • Bayes-i következtetés • Valószínűségi határok elemzése** • Monte Carlo** • Közelítő valószínűség számítás** • Formális szakértői tudás

*: NUSAP: Numeral (Szám), Unit (Egység), Spread (Szórás), Assessment (Becslés) and Pedigree (Származás). **: Kombinált bizonytalanság becslésére alkalmas módszerek.

2.2.4. Bizonytalansági források rangsorolása jelentőségük szerint

A bizonytalanságbecslés eredményeként mód van az adott bizonytalansági tényezők viszonylagos jelentőségének a rangsorolására, az ún. érzékenységi vizsgálatra, segítve a döntéshozókat, a kockázatkezelőket abban, hogy mely bizonytalansági tényezők fontosak, s melyek kevésbé azok a kockázatbecslés eredményeinek értelmezése szempontjából. A rangsoroláshoz az EFSA (2016) többféle módszer alkalmazását tartja lehetségesnek, minőségi vagy mennyiségi hatáselemzéstől függően. Ezek közt szerepel a szakértői vélemény, leírás, ordinális skála, szemi-formális szakértői tudás és az érzékenységi vizsgálat.

2.3. Élelmiszer-fogyasztási felmérések

Az élelmiszer-fogyasztási felmérések adatai számos táplálkozás-tudományi és kockázatértékelési tanulmány alapját képezik. Segítségükkel információkat

nyerhetünk a mikro- és makrotápanyagok beviteléről, a növényvédő szerekre vonatkozó mérési eredményekkel összekapcsolva pedig rövid- és hosszútávú expozíció-bebecslést készíthetünk.

2.3.1. Az élelmiszer-fogyasztási felmérések módszerei

Az élelmiszer-fogyasztási adatok gyűjtése több szinten történhet: egyéni, csoport, nemzeti, nemzetközi. Az élelmiszer-fogyasztásból történő bevitel felméréséhez alapvetően négy fő adattípus használható fel (KROES et al. 2002): élelmiszermérlegek, háztartási fogyasztási felmérések, egyéni fogyasztási felmérések, teljes étrendi felmérések. A biomonitoring módszerekkel közvetlenül (pl. vérből, vizeletből) mért szennyezőanyag és vagy metabolit következtetnek vissza a bevitelre. Az egyéni fogyasztási felmérések az egyéni élelmiszer és tápanyag bevitelről adnak számot a fogyasztók kiválasztott rétegében, ezért az élelmiszermérlegnél jobban tükrözik az aktuális fogyasztást. A teljes étrendi felmérések egyik típusa a duplikált étrendi felmérés, amikor a ténylegesen elfogyasztott étrendet elemzik azzal, hogy a fogyasztó dupla adag élelmiszert készít, melyek egyikét elfogyasztja, a másikat analizálják. Ez egy elég pontos becslést eredményez, azonban a legköltségigényesebb megoldás és a fogyasztóra jelentős teher hárul (KROES et al. 2002), ezért általánosan nem használják. A napi étrend konkrét regisztrálására többféle módszer terjedt el világszerte.

2.3.1.1. 2x24-órás visszakérdezés

A 24-órás visszaemlékezéses módszer esetén a vizsgált személy által az előző napon fogyasztott ételek és italok mennyiségének és minőségének, valamint a fogyasztás időpontjának kikérdezésére és rögzítésére kerül sor. A vizsgálat történhet személyes interjú keretében, vagy telefonon keresztül. Mindkét eljárásnál fontos, hogy a vizsgálatot végző személy dietetikai tudással és megfelelő gyakorlattal rendelkezzen, ami nagyban növeli az eredmény megbízhatóságát. A kérdezőbiztosoknak tájékozottnak kell lenniük, hogy milyen élelmiszerek vannak a piacon, és a körülbelüli elkészítési módot is ismerniük kell a gyakorlatban (THOMPSON és SUBAR 2008). A módszer különböző etnikumú lakosságnál széles körben alkalmazható, nem igényel írást, olvasást, így az is bevonható, akinek ez nehézséget jelentene, a kikérdezettek terhelése viszonylag kicsi. Az eljárás nem befolyásolja a megszokott táplálkozást. Az

elfogyasztott táplálék visszaidézése a válaszadó emlékezetétől függ. Az elfogyasztott adagok nagyságának pontos becslését a gyakorlott kérdező, valamint képesalbum alkalmazása megkönnyítheti (BIRÓ 2008). Rövid időszakra vonatkozó keresztmetszeti képet ad, a személy általános táplálkozási szokásait kevésbé tükrözi, azonban két nem egymást követő napon (legalább két hét különbséggel, a hét különböző napján) elvégezve, és populációs szinten értékelve, az átlagos beviteli értékekre vonatkozóan megfelelő pontosságú adatokat szolgáltat. Ezen tulajdonsága, valamint költséghatékonysága miatt egyre gyakrabban alkalmazzák nemzetközi táplálkozási vizsgálatokban is, mint azt az EFCOSUM projekt is javasolta (BIRÓ et al. 2002, DE HENAUW et al. 2002).

2.3.1.2. Étrendi feljegyzés vagy napló

Az étrendi feljegyzés vagy napló módszer egy vagy néhány (≤ 7) egymást követő napon, az „arany standard” szerint három nem egymást követő napon az aktuális bevitt rögzíti. A gondos fogyasztó, az alkalmazott protokolltól függően, feljegyzi a felhasznált élelmiszerek, italok, mennyiségét, a hulladékot, az elkészített ételek összetevőinek összes (főtt, sült stb.) mennyiségét, valamint az egyes adagok mennyiségét és a tányéron maradt mennyiséget. Ebben az esetben az elfogyasztott mennyiséget becsülni vagy mérni lehet. A képesalbum használata itt is nagyon hasznos. Általában háromnapos feljegyzést használnak (BIRÓ 2008). Az étrendi napló pontos kitöltése érdekében minden válaszadó előzetesen tájékoztatást kap a szükséges részletességgel, hogy megfelelően jegyezze le az élelmiszereket és az elfogyasztott mennyiségeket, beleértve az élelmiszer nevét (márkanév, ha lehetséges), az elkészítési módszereket, a recepteket és az adagok mennyiségét is. A felvételi időszak végén képzett kérdezőbiztosnak felül kell vizsgálnia a válaszolóval a naplókat, hogy észrevegye az esetleg elfeledett ételeket és tisztázzák a nem egyértelmű bejegyzéseket. Étrendi naplót a szülő is feljegyezheti a gyermeke számára, ha szükséges (THOMPSON és SUBAR 2008). Az étrendi feljegyzés meglehetősen pontos, ha jól készítik. A méréssel kombinált feljegyzést „arany standard” névvel illetik, mert nem hagyatkozik a válaszadó memóriájára, a kihagyás veszélye minimális. Másrészt azonban, jó együttműködési készséget kíván a válaszadó részéről, aki legyen a téma iránt motivált, és rendelkezzen kellő íráskészséggel, ha nem diktafont használ. A vizsgált személy leterhelése nagy. A módszer befolyásolhatja a táplálkozási

szokásokat, amely így a vizsgálat ideje alatt változhat. A feljegyzés hosszabb időtartama gyengíti a megbízhatóságot a válaszadó fáradása miatt (BIRÓ 2008).

2.3.1.3. Élelmiszer-fogyasztási gyakoriság kérdőív

Élelmiszer-fogyasztási gyakoriság kérdőívek tartalmazzák az élelmiszerek vagy élelmiszercsoportok célzottan összeállított listáját. A válaszadó egy előre összeállított kérdőíven megjelöli, hogy a listában felsorolt élelmiszereket (élelmiszercsoportokat) milyen gyakorisággal fogyasztotta egy kiválasztott időintervallumban, általában az utolsó hónapban vagy évben. Lehetséges a fogyasztott mennyiségek átlagos nagyságát is megkérdezni, alkalmas módon szerkesztett kérdőívvel, a mennyiség becslésére szolgáló útmutatás segítségével (szemikvantitatív élelmiszer-fogyasztási gyakoriság kérdőív). A módszer eredményességének kulcsa a lista összeállításában van, hogy az kellően átfogó, de ugyanakkor nem túlságosan sok tételt tartalmazó felsorolás legyen, ami már megosztaná a kitöltő figyelmét, rontaná a megbízhatóságot. A táplálkozás egészének megismerését szolgáló listák legalább 50 és legfeljebb 150 elemre terjednek ki, a bizonyos tápanyagokra, élelmiszerekre, élelmiszercsoportokra irányulók ennél rövidebbek lehetnek. Célszerű, ha a felsorolás igazodik a hazai élelmiszer-fogyasztási statisztika, illetve az összehasonlíthatóság érdekében a nemzetközileg használatos rendszerek tételeihez (BIRÓ 2008). A gyakorisági kérdőívek alkalmas eszközök a szokásosan fogyasztott élelmiszerek körének meghatározására, kimutatják a nem vagy csak igen ritkán fogyasztott élelmiszereket, élelmiszercsoportokat. Amennyiben az elfogyasztott mennyiségre is utaló, szemikvantitatív kérdőív áll rendelkezésre, a mennyiségek is becsülhetők. A kérdőív egyénileg kitölthető, noha a megbízhatóság érdekében indokolt képzett interjúkészítővel pontosítani. Az eljárás egyszerű, viszonylag gyors, a válaszadó terhelése csekély, a táplálkozási szokásokat nem befolyásolja, populációs szintű vizsgálatokra alkalmas. Hátránya, hogy szükséges a régebbi emlékek felidézése, a táplálkozás éppen aktuális jellege ezt befolyásolhatja. A vizsgált időtartam felelevenítése sokszor pontatlan, az emlékezet csalhat, gyakran kell számolgatni, viszonyítani a gyakoriságot, erőteljes a hajlam az élelmiszertípusok összevonására. A mennyiségi becslésnél a bizonytalansággal itt is számolni kell (BIRÓ 2008).

2.3.1.4. Étrendi anamnézis

Az étrendi anamnézis az előbbieken ismertetett módszerek kombinációja. Egyik eleme a 24-órás étrendi visszakérdezés, a másik az ételmiszer-fogyasztási gyakoriság kérdőív, és ehhez csatlakozik a háromnapos étrendi feljegyzés. Ennek következtében az egyes eljárások előnyei és főként hátrányai részben kiegyenlítődnek. Megvalósításához jól begyakorolt személyzet és meglehetősen sok idő szükséges, de nem lehet alábecsülni a vizsgáltak terhelését sem. Ennek tulajdonítható, hogy az étrendi anamnézis ma több variációban létezik (BIRÓ 2008).

A fentiekben bemutatott módszerekkel összegyűjtött adatok rögzítése különböző módon történhet, pl. papír alapon, elő-kódolt kérdőíven, diktafonon, vagy számítógépes programmal. Az egyes országokban különböző programok állnak rendelkezésre. Utóbbiak közül hazai példa a NutriComp, külföldi alkalmazás a Nemzetközi Rákkutató Központ (IARC) által kidolgozott EPIC-SOFT program.

Ezen módszereket – a tápláltsági állapot vizsgálata vagy kockázatbecslés céljából kezdeményezett – felmérések során alkalmazzák nemzeti szinten, köztük Magyarországon is.

2.3.2. Nemzeti szintű ételmiszer-fogyasztási felmérések

Magyarországon az utóbbi három évtizedben hat átfogó, országos szintű, táplálkozási vizsgálatra került sor, különböző metodika alapján.

Az 1985-1988 között végrehajtott Első Magyar Reprezentatív Táplálkozási Vizsgálatban a táplálkozási adatokat 2x24-órás visszakérdezéssel és egy 44 elemből álló fogyasztási gyakorisági kérdőívvel vették fel (BIRÓ 1992).

A Második Magyar Táplálkozási Vizsgálatra 1992-1994 között került sor, amely nem volt reprezentatív. Itt az étrendi adatfelvétel 3x24 órát foglalt magába (BIRÓ et al. 1996).

A harmadik Országos Táplálkozási Vizsgálatot 2003-2004-ben végezték az Országos Lakossági Egészségfelmérés (OLEF) keretében. A minta a 18 év feletti lakosságot reprezentálta, és szintén 3x24 órás kérdőív kitöltése volt az alapja (BIRÓ et al. 2007). 2009-ben két táplálkozási vizsgálatra is sor került. Az egyik az OÉTI által végzett Országos Táplálkozás és Tápláltsági Állapot Vizsgálat (OTÁP) 2009 volt. Ez volt az

első Magyarországon végzett, teljes lakosságra kiterjedő antropometriai méréssel (testmagasság, testtömeg, derékkörfogat méréssel) egybekötött reprezentatív mintán alapuló táplálkozási vizsgálat. A táplálkozási szokások rögzítésére háromnapos táplálkozási napló, illetve egy, a táplálkozási szokásokat vizsgáló kérdőív kitöltése szolgált (MARTOS et al. 2012). A másik országos adatgyűjtést a Magyar Élelmiszer-biztonsági Hivatal (MÉBiH) végezte kockázatbecslés céljából. A három napos étrendi napló módszer egy speciálisan megtervezett kérdőívre épült, kiegészítve további információkkal, képesalbummal. A fogyasztók két, nem egymást követő hétköznapi és egy hétvégi nap jegyezték fel részletesen az elfogyasztott élelmiszer és ital mennyiségét, dátumát, a fogyasztás helyét és idejét. A ritkábban fogyasztott élelmiszerek fogyasztása, élelmiszerallergia/intolerancia, étrend-kiegészítő fogyasztási szokások megismerése céljából a napló kiegészült egy célzott fogyasztási gyakorisági kérdőívvel (SZEITZ-SZABÓ et al. 2011).

A 2014-es Országos Táplálkozás és Tápláltsági Állapot Vizsgálat (OTÁP 2014) országosan reprezentatív adatokat szolgáltatott. A 2009-ben, azonos módszertannal végzett vizsgálat eredményeivel való összevetés lehetővé teszi az időbeli változások kimutatását.

A MÉBiH által végzett vizsgálat élelmiszer-biztonsági kockázatbecslés céljait szolgáló adatgyűjtés volt, szemben a többi kutatással, melyek táplálkozás-egészségügyi célokat szolgálnak.

2.3.3. Nemzetközi harmonizációs törekvések

Magyarországhoz hasonlóan számos európai ország rendelkezik nemzeti fogyasztási adatokkal, melyeket a közelmúltig elsősorban a tápláltság vizsgálata céljából végeztek. A kockázatbecslés előtérbe kerülésével a fogyasztás jellemzése is ezen adatokkal történt. Mivel a különböző módszerrel végzett nemzeti fogyasztási felmérésekben kapott adatok összehasonlítása nehézkes, amint VERGER és munkatársai (2002) 23 európai ország adatbázisát elemezve is megállapította, a nemzetközi szervezetek számos kísérletet tettek a nemzeti adatok összehangolt gyűjtésére. A nemzeti szinten összegyűjtött élelmiszer-fogyasztási adatok egységesítése nemzetközi összehasonlítás céljából már az 1970-es években megkezdődött. Az élelmiszer-fogyasztási felmérésekkel nyert adatok széleskörű felhasználása miatt a felmérések harmonizálására az elmúlt évtizedekben számos nemzetközi összefogás történt.

Az Egészségügyi Világszervezet GEMS/Food (Global Environmental Monitoring System) programja a lakosságot az élelmiszerek közvetítésével érő kémiai expozíció feltárását szolgálja. Az egyes országokban lehetnek eltérések az étrendi adatfelvételek módszerében, alapjában azonban a fogyasztási jellemzőket veszik figyelembe, és ennek alapján alakítják ki a fogyasztói kosarat. 1989 óta élelmiszerkészletre vonatkozó adatok gyűjtésével regionális étrendi szokásokat vizsgálnak, ma már 17 regionális csoport létezik, csoportonként 2-30 ország bevonásával.

1961 óta a FAOSTAT rendszeresen adatot szolgáltat az éhezéstről, az élelmiszerekről, a mezőgazdasági adatokról, kb. 245 országból, élelmiszermérlegek alapján.

Az európai táplálkozási szokások azonosítására, meghatározására és a különbségek ábrázolására a kilencvenes években indították 12 országban (majd kiterjesztették 24 országra) – köztük hazánkban is – a DAFNE (Data Food Networking) programot, amelynek keretében a háztartási költségvetési adatokat, azaz háztartás-statisztikát használtak fel és adatbankot is létrehoztak.

1999 és 2001 között folyt az „EU Programme on Health Monitoring” keretében az EFCOSUM projekt kutatása, amelyben 14 akkori tagállam és 9 más európai ország vett részt (BRUSSAARD et al. 2002). A projekt célja egy európai szinten is összehasonlítható élelmiszer-fogyasztási adatokat szolgáltató módszer kidolgozása volt. Munkája felölelte az élelmiszer összetételi adatbázisok-, a táplálkozási kérdőíves adatgyűjtés- és feldolgozás összehasonlíthatóságának kérdéseit is (BRUSSAARD et al. 2002). A munkacsoport a széleskörű populációs vizsgálatra, figyelemmel az etnikai különbségekre is, a 24-órás visszaemlékezéses módszert tartotta Európában általánosan alkalmazhatónak. Az eljárás felhasználható az élelmiszerfogyasztás folyamatos megfigyelésére, az átlagos fogyasztás, az energia- és tápanyagbevitel megoszlásának, valamint a szennyezőanyagok és adalékanyagok akut expozíció becslésére. Azonban célszerűnek tartják az adatfelvétel legalább egyszeri megismétlését, tehát a kétszeri vizsgálatot két, nem egymást követő napon. Megállapítást nyert továbbá, hogy ha az adatok rögzítése a helyszínen közvetlenül számítógépes programba történik, a későbbiekben feltehetően szükségessé váló nemzetközi összehasonlítás érdekében valamelyik általánosan elfogadott és használt kódot lehet alkalmazni. Az EFCOSUM javaslata az EPIC-SOFT rendszer volt.

A projekt eredményei alapján 2006-ban elkezdődött és 2009-ig tartott az „Európai Élelmiszer Fogyasztás Validálás” projekt (European Food Consumption Validation, EFCOVAL) az EFCOSUM módszereinek továbbfejlesztésére a tápanyagok- és a veszélyes anyagok bevitelének becsléséhez (DE BOER et al. 2011).

Az Európai Unióban az EFSA 2007-ben kezdeményezte a tagállamok nemzeti fogyasztási felméréseiből származó egyéni adatok összegyűjtését, majd ezeknek egy új, európai, élelmiszer-fogyasztási adatbázisba (Concise European Food Consumption Database, 19 ország részvételével, illetve Comprehensive European Food Consumption Database, jelenleg 23 ország részvételével) rendezését (EFSA 2011). Utóbbihoz egy részletes élelmiszer-osztályozási rendszer került bevezetésre (FoodEx). Ennek segítségével az EFSA pontosabb képet kapott az EU tagországok fogyasztási szokásairól, amelyeket elsősorban humán expozícióbecsléshez használtak akár speciális populáció csoportokra (pl. gyerekekre) vonatkoztatva is. Problémát jelentett viszont, hogy az egyes tagországok különböző adatgyűjtési módszereket használtak a fogyasztási felmérésekhez, amely az EFSA számára továbbra is megnehezítette az egész Unióra kiterjedő egységes elemzést és összehasonlítást. Az EFSA ezért kezdeményezte az élelmiszer-biztonsági kockázatbecslést támogató élelmiszer-fogyasztási felmérések adatainak egységes összegyűjtését célzó átfogó metodika kidolgozását, a 3 hónapnál idősebb, de 10 éves korukat be nem töltött gyerekek, valamint a 10-74 éves korosztály esetében. A célkitűzés megvalósítására pályázatokat hirdetett melyeket a PANCAKE (OCKÉ et al. 2012), és a PILOT PANEU konzorciumok nyertek el (AMBRUS et al. 2013). Az utóbbi projekt keretében kidolgozott módszertan a 2x24-órás kikérdezésre épül az élelmiszer-fogyasztási adatok gyűjtésére.

Az egységes módszertan segítségével jelenleg már folyamatban van Európában az EFSA „What’s on the Menu in Europe?” („Mi van az étlapon Európában?”, röviden “EU Menu”) projektje, melynek célja, hogy egész Európára kiterjedő, összehasonlítható élelmiszer-fogyasztási adatokat gyűjtsön, 27 tagállamban, min. 80 ezer fogyasztótól, melyek a tápláltsági vizsgálatokon kívül kockázatbecslés céljára is megfelelnek. Ezen adatok gyűjtésének befejezése 2020-ban várható (EFSA 2014).

2.3.4. Az élelmiszer-fogyasztási felmérések bizonytalanságát befolyásoló főbb tényezők

Az élelmiszer-fogyasztási felmérések egyes lépéseit, folyamatait a minta kiválasztásától, a kikérdezésen át, egészen az adatok feldolgozásáig, közléséig elemezni és a lehetséges bizonytalanságokat azonosítani szükséges. Minden, az étrenddel összefüggő vizsgálatban vannak random vagy szisztematikus hibák. Hiba adódhat a tápanyagösszetételi táblázatok használatából, a kódolásból (különböző

élelmiszerkategóriák alkalmazása, adatbevitel pontossága), az adag nagyságának becsléséből, a hibák fel nem ismeréséből, az étrend változásaiból. A különböző módszereknél eltérő a hiba típusa. Az emlékezeten alapuló módszereknél a felidézés hibája, az étrendi feljegyzésnél a megváltozó étrend, a tényleges érték alatti közlés a mennyiségeknél (pszichológiai effektus, egészségtudatosság), az utóbbira különösen a túlsúlyosak hajlamosak (VERGER et al. 2002). Az elemzés során hiba adódhat az fogyasztásra kész összetett élelmiszerek nyersanyagokká történő konvertálásakor (pl. liszt-búza ekivivalense, paradicsompüré-nyers paradicsom megfelelője stb.), a napi fogyasztási adatokból hosszútávú következtetések levonása során.

2.3.4.1. Adagbecslés hibái

A felmerülő véletlen hiba nagyrészt az elfogyasztott ételmennyiségek adagbecslésével függ össze (CYPEL et al. 1997). Az elfogyasztott ételek tömegének mérése a lehető legpontosabb módszere volna a beviteli mennyiségek meghatározásának (RUTISHAUSER 2005). A mérések alternatívájaként számos, adagbecslést segítő eszköz kidolgozása történt, többek között háztartási mértékegységek (pl. különböző méretű poharak italok esetében), absztrakt alakzatok (pl. különböző méretű kenyérszeletek, felvágottak körvonalának bemutatása) és 3-8-adagos fotósorozatokat tartalmazó képeskönyvek (CYPEL et al. 1997, VENTER et al. 2000, BYRD-BREDBENNER és SCHWARTZ 2004). Újdonságként említhető egy számítógépes program („Visual Meal Creator”), amelyben a rendszer képeivel kínált ételekből virtuálisan egy tál állítható össze, az egyes alkotók tetszés szerinti válogatásából és mennyiségéből, ami kiválóan alkalmas az energiabevitel követésére, a fogyasztott adag becslésére (HOLLIDAY et al. 2014).

A képeskönyvek alkalmazásának előnye, hogy helyi körülményekhez könnyen adaptálhatók, olcsók, másolhatók, valamint hordozhatók (HUYBREGTS et al. 2008). Számos kutatás beszámolt arról, hogy a képeskönyvek alkalmazása kedvezően befolyásolja az egyéni adagbecslés pontosságát (LUCAS et al. 1995, NELSON et al. 1996, ROBSON és LIVINGSTONE 2000, FROBISHER és MAXWELL 2003, LILLEGAARD és OVERBY 2005, OVASKAINEN et al. 2008, SUBAR et al. 2010, DE KEYZER et al. 2011, TROLLE et al. 2013, AMOUGOU et al. 2016, DE SOUZA et al. 2016, NASKA et al. 2016).

Az elmúlt időszakban a világ számos országában különböző nemzet- és kor-specifikus képeskönyvek kerültek kidolgozásra egy adott populáció adagbecslésének elősegítése

érdekében, elsősorban dietetikai célú felhasználásra. Ezeket a képeskönyveket a nemzeti piacon hozzáférhető élelmiszerek/ételek körét, a helyi élelmiszer-fogyasztási szokásokat/preferenciákat, az adott populáció által jellemzően fogyasztott adagok nagyságát figyelembe véve alakították ki. Az adagbecslést elősegítő eszközökkel kapott fogyasztási adatok pontosságának szintjét a validálási vizsgálatok hivatottak meghatározni, és azonosítani azon élelmiszerek körét, melyek megbízható becslése nehézségbe ütközik (NELSON és HARALDSDOTTIR 1998a-b). A validálást abban a populációban szükséges végezni, melyben alkalmazásukat tervezik (EFSA 2009, 2014). A validitás egyrészt azt jelzi, hogy a vizsgálat eredményei a valós helyzetet elfogadhatóan mutatják-e be (külső validitás), másrészt a táplálkozási expozíció vagy a következmény mérése valóban a tanulmányozni kívánt expozíciót vagy következményt méri-e (belső validitás). Egy eljárás akkor tekinthető validnak, ha a megállapítások a valós helyzetet ésszerűen reprezentálják (BIRÓ et al. 2002).

A szakirodalomban számos példa található a validálással kapcsolatosan, azonban arany standard módszer nem létezik (FAGGIANO et al. 1992, LUCAS et al. 1995, CYPEL et al. 1997, NELSON és HARALDSDOTTIR 1998a-b, OVASKAINEN et al. 2008, SUBAR et al. 2010, DE KEYZER et al. 2011, TROLLE et al. 2013, NASKA et al. 2016). A különböző módszerekkel végzett validálási eljárások nem teszik lehetővé az eredmények közvetlen összehasonlítását, illetve a következtetések ellentmondásosak. WEIN (1990), FAGGIANO (1992), ROBSON és LIVINGSTONE (2000), TURCONI (2005) és munkatársaik például megállapították, hogy a résztvevők neme nem okoz szignifikáns eltérést a becslésekben. OVASKAINEN és munkatársai (2008), valamint NELSON és munkatársai (1996) ellenben ennek ellenkezőjét tapasztalták.

Az adagok nagyságának helyes megítélése, még szemléltető anyag birtokában is, jelentős alá-, föléjelentéssel járhat (CHAMBERS et al. 2000). A becslés hibája összefügg az észlelés, leképezés és az emlékezet sajátosságaival. Az észlelés magában foglalja az egyén azon képességét, hogy a valóságban jelen lévő élelmiszer mennyiségét hozzá tudja rendelni egy fényképen ábrázolt adaghoz. A leképezés során az egyén képes arra, hogy a valóságban nem jelen lévő élelmiszer mennyiségét hozzárendelje egy fényképen ábrázolt adaghoz. Az emlékezet a leképezés pontosságát befolyásolja (NELSON et al. 1994). Az észlelést, leképezést és emlékezetet vélhetően befolyásolják az alkalmazott fényképsorozatok jellemzői, úgy mint a környezet mérete és színe (pl. az adag tányérhoz, illetve kép méretéhez viszonyított nagysága, az ételadag elhelyezése a tányéron), az étel tényleges tömege, térfogata, egyéb

sajátosságai (pl. alakzat, szín, állag), továbbá az adagok száma, a fotózáskor használt fényképezőgép szögbeállítása, a megvilágítás, a fotózáskor fennálló színek, a vizsgált populációnak elsősorban az emlékezettel és az elfogyasztott adagmennyiség meghatározásával kapcsolatos képességei (OVASKAINEN et al. 2008, NASKA et al. 2016). A kutatók érdeke megérteni ezen tényezők természetét. A validálással kapcsolatos kutatások e folyamat lényeges elemei (NELSON és HARALDSDOTTIR 1998). Az alá- és fölébecslés tendenciájára ugyancsak ellentmondásos irodalmi adatokat találhatunk. Egyes kutatások alábecslést állapítottak meg, mint például OVASKAINEN és munkatársai (2008), míg más kutatások épp ennek ellenkezőjét (NELSON et al. 1996, FROBISHER és MAXWELL 2003, HERNANDEZ et al. 2006). ROBSON és LIVINGSTON (2000) pedig az alá- és fölébecslésre vonatkozóan nem tudott trendet megállapítani.

Figyelemmel kell lenni továbbá arra, hogy a képeskönyveket főként a felnőtt populációra vonatkozóan dolgozták ki, a gyerekek adagbecslési képességeit vizsgáló kutatások száma csekély. FOSTER és munkatársai (2006) arra a következtetésre jutottak, hogy a képzettség és írásos készségek, a korlátozott ételismiszer-felismerő képességek, a visszaemlékezés korlátai és a figyelem tartama mind befolyásolják a gyermekek adagbecslési képességeit. FROBISHER és MAXWELL (2003) az adagbecslésben nagyobb hibákat tapasztalt a képeskönyvet használó gyerekeknél, mint felnőtteknél, jóllehet kutatásukban a fényképeken tipikusan felnőtt adagok szerepeltek. Továbbá arra is felhívták a figyelmet, hogy azok az adagok, melyeket a gyermekek kicsinek gondoltak, szignifikánsan kisebbek voltak a felnőttek által kicsinek mondott adagoknál. Ezt FOSTER és munkatársai is alátámasztották (2006), akik megállapították, hogy amennyiben a gyerekek a becsléshez nem felnőtteknek készült képesalbumot kaptak segítségül, hanem korspecifikus képeket tartalmazó könyvet, akkor a felnőttekéhez képest csaknem hasonló pontossággal becsülték meg az adagok nagyságát. FOSTER és munkatársai (2006) rámutattak arra is, hogy már 4-6 éves korban alkalmasak a gyerekek az adagbecslést segítő eszközök használatára, noha az eszközök alkalmazásának pontossága az életkor növekedésével javul. Mindezek alátámasztják annak fontosságát, hogy amikor gyerekeknek kell megbecsülni az ételek adagnagyságát, akkor kiemelten fontos koruknak megfelelő fényképsorozatok alkalmazása.

Fontos szempont továbbá az is, hogy egy adott fotósorozat csak olyan étel becsléséhez használható, melynek sűrűsége hasonló, mivel a térfogattömeg különbségei a becslés hibáját okozhatják (TROLLE et al. 2013).

BRUSTAD és munkatársai (2003) a jelentett étrendi bevitelben nem tapasztaltak szignifikáns eltérést a személyesen vagy telefonon keresztül kikérdezett személyek között, kivéve a tojás és tojásból készült élelmiszerek esetében.

A fogyasztott ételek tömegével kapcsolatos bizonytalanságot számos tényező, köztük a fogyasztási adatok gyűjtéséhez alkalmazott módszer (2x24-órás kikérdezés, naplózás stb.) és a mintavétel reprezentativitása (pl. regionális, szezonális variációk és egyes kisebbségekre jellemző étkezési szokások) befolyásolja. A körülmények között megválasztott rétegzett véletlenszerű mintavétellel és az egyes rétegekből megfelelő számban vett mintával ez a bizonytalanság mérsékelhető. A populáció egyes rétegeiből (pl. csecsemők, gyerekek, fiatalok, felnőttek, idősek, nők és férfiak) vett minták száma meghatározza a jelentett nagy adagok realitását. Az egyes rétegekből minimálisan 119 minta vétele szükséges annak érdekében, hogy a szokásos 95%-os valószínűséggel állíthassuk, hogy legalább egy jelentett étel-adag meghaladja a fogyasztott mennyiségek 97,5 percentilisét, melyet az akut expozíció determinisztikus számításánál alkalmaznak (CAC 1999). A mintavételi terv készítésekor a vizsgálatot tervezők természetesen nem tudhatják, hogy egy adott élelmiszert a kikérdezendő személyek közül hányan fogják fogyasztani. A nagy adag előfordulásának valószínűségét csak a felmérés lebonyolítását és kiértékelését követően lehet megállapítani. Annak valószínűsége (β_t), hogy legalább egy értéket kapunk a kiválasztott percentilis feletti tartományból (β_p), és a megkérdezettek mintaszáma (n) közti összefüggés az alábbi egyenlettel írható le:

$$\beta_t = 1 - \beta_p^n \text{ vagy } n = \frac{\lg(1-\beta_t)}{\lg\beta_p} \quad (4)$$

Az elfogyasztott adag további bizonytalansága a (24 óra és 4 nap közti intervallumot követően történő) visszaemlékezéshez köthető.

2.3.4.2. Receptvariabilitás és ehető hányad kérdései

Szakácskönyvekben, illetve az interneten közzétéve számtalan receptet találunk, melyek különböző ételek elkészítéséhez alapot szolgáltatnak. Az ételkészítés folyamata számos lépésből áll. A nyers alapanyagokat esetenként tisztítani szükséges, melynek során eltávolításra kerülnek a nem ehető részek. E folyamat hatása a tisztítási faktorról (F_{cl}) jellemezhető:

$$F_{cl} = \frac{\text{tisztított termék tömege [g]}}{\text{nyers alapanyag tömege [g]}} \quad (5)$$

A főzés, olajban sütés, sütőben hőkezelés stb. során a nyers alapanyagok bizonyos része víz vagy illékony összetevőként elpárologhat, illetve zsírt vagy sót vehet fel. A tömegváltozás mértéke számos tényezőtől függ, pl. összetevők sajátosságai, hőmérséklet, időtartam, az elkészítés során alkalmazott eljárások, alkalmazott felszerelések stb. (BOGNÁR 2002). A receptek megadják az összetevők tömegét vagy térfogatát, azonban többnyire hiányzik a fogyasztásra kész mennyiség tömege. Ez az információ nélkülözhetetlen annak érdekében, hogy a fogyasztási felmérésekből származó, összetett élelmiszerekből visszafelé pontosan kiszámoljuk a felhasznált összetevők tömegét.

A feldolgozatlan, tisztított alapanyagok és a fogyasztásra szánt készétel tömegének hányadosa a főzési tényező (F_{cu}):

$$F_{cu} = \frac{\text{fogyasztásra szánt készétel tömege [g]}}{\text{tisztított alapanyagok össztömege [g]}} \quad (6)$$

Az F_{cu} alapvetően változik az aktuálisan használt ételkészítési módtól függően, és recept szintjén számolható. Az F_{cu} és a tömeg kihozatali tényező (yield factor) közt BOGNÁR (2002) különbséget tesz. Azokban az esetekben, ahol tömegmérések nem állnak rendelkezésre, ezeket a kihozatali faktorokat lehet alkalmazni a készétel tömegének számításához.

A bevitel becsléséhez gyakorlati szempontból alapvető fontosságú, hogy a fogyasztási adatok (g, kg) és a szermaradék adatok (mg/kg) egymással összekapcsolhatók legyenek. A fogyasztások megadása pedig testtömeg kilogrammra vonatkoztatva ajánlott, így a bevitel már testtömeg kilogrammban kifejezhető és vethető össze a testtömeg kilogrammra megadott toxikológiai referenciaértékekkel. Az összerendelés növényvédőszer-maradékok esetében, ahol a mérések nyers terményben történnek, célszerűen az alapélelmiszerek szintjén történhet meg.

Az élelmiszer-fogyasztási felmérések elsődleges információi az elfogyasztott készétel mennyiségére vonatkoznak, és ezek összetevőkben történő kifejezéséhez figyelembe kell venni az ételek receptjét, a zöldségek-gyümölcsök ehető hányadát, főzési veszteségét stb. Ezek a konverziók általában a nemzeti fogyasztási felmérések szintjén történnek, ún. konverziós (recept) adatbázisok felhasználásával, melyek segítik az összetett élelmiszerek alkotóelemeikre történő visszabontását.

A zöldségek-gyümölcsök ehető hányada azért is fontos információ, mivel a szermaradék mérések általában egész terményre történnek, de a fogyasztási adatok csak az ehető részre vonatkoznak. Ezt megfelelő faktorok (ehető hányad) alkalmazásával korrigálni kell a számításokban. Az, hogy az élelmiszer összes

tömegéből mekkora rész alkalmas valójában emberi fogyasztásra, több tényező függvénye. Néhány ezek közül:

- az élelmiszer fajtája (pl. különböző héjvastagságú citrusfélék),
- az érettség foka (pl. gyümölcsök, zöldségek esetén),
- a termesztés körülményei,
- az évszak,
- a tárolás hossza és körülményei (pl. a burgonya ősztől tavaszig tárolása),
- a tisztítás technológiája (pl. gépi vagy kézi hámozás).

A tisztítási veszteség tehát nem pontos, azonban viszonylag jól becsülhető érték (BIRÓ 2012).

BOON és munkatársai 2009-ben a nemzeti fogyasztási adatok nyers termény (RAC, raw agricultural commodity) szintjén való kifejezésére tettek javaslatot. A kiválasztott országok összetevőkben megadott fogyasztási adatait (pl. főtt spenót, almaszószt) a nyers termény ehető hányadává (e-RAC) konvertálták (a fogyasztott spenót mennyiségének a nyers spenót a megfelelője, fogyasztott almaszósz mennyiségének a nyers alma a megfelelője), a szermaradék koncentrációkat pedig a feldolgozott termékek vonatkozásában (pl. paradicsompüré) a feldolgozási tényező alkalmazásával fejezték ki nyerstermékekre (BOON et al. 2009). Ezáltal vehető figyelembe egy adott feldolgozási művelet hatása az élelmiszer tömegére és a benne lévő szermaradék mennyiségére is.

2.3.4.3. Testtömeg és testmagasság meghatározás hibái

A kitettség becslésben a kémiai szennyezőanyagok toxikológiai referenciadózisának szokásos kifejezése napi mg/testtömeg kg formában történik. A testtömegre vonatkozó adatok gyűjtése az élelmiszer-fogyasztási felmérések részét képezik, ami lehetővé teszi, hogy egyéni szinten testtömeg kilogrammban kifejezve történjen az étrendi kitettség számítása és ezáltal a közvetlen összehasonlítása a toxikológiai referenciaértékekkel. A testtömeg és testmagasság rögzítésének két elterjedt módja van. Az egyikben a résztvevő önbevallás alapján adja meg ezen paramétereit, a másikon az interjút készítő személy ténylegesen megméri a résztvevő testtömegét, illetve magasságát (EFSA 2009, 2014). A leggyakoribb módszer az önbevalláson alapul, mivel olcsó, kevés időt vesz igénybe és könnyen adminisztrálható. Ellenben az önbevallásos módszernek korlátai vannak. A társadalmi elvárások és a válaszok ellenőrzés nélküli elfogadása torzíthatja a valóságot. A túlsúlyos személyek

alacsonyabb, a nagyon soványak magasabb testtömeget jelezhetnek. Az EU Menu felmérés célkitűzése, hogy az önbevalláshoz kapcsolható torzítások csökkenjenek, így a testtömeg és testmagasság aktuális mérését javasolja annak érdekében, hogy ezen paraméterek legpontosabban megbecsülhetők legyenek. Utóbbi esetben is számolni kell a mérés hibájából származó bizonytalansággal.

2.4. Növényvédőszer-maradékok

A növényvédőszer-többsége mérgező vegyület, melyek károsíthatják a fogyasztók egészségét. Az aktív hatóanyagok és növényvédő szerek toxikológiai és biológiai hatásvizsgálata szigorúan szabályozott, melyeket az OECD útmutatói (2007a, 2007b, 2007c, 2008) alapján kell elvégezni az eredmények összehasonlíthatósága érdekében. A szerek káros hatást nem okozó szintjét és/vagy irányadó szintet a toxikológiai végpontok alapján határozzák meg, és ezek alapul szolgálnak megfelelő biztonsági faktorok, az elfogadható napi beviteli szint (ADI) és amennyiben szükséges, az akut referenciadózis (ARfD) meghatározásához (HAMILTON et al. 2017a). Az azonos toxikológiai végponttal rendelkező hatóanyagok maradékai együttesen is előfordulhatnak egy-egy terményben, vagy az egy napon fogyasztott élelmiszerekben. Ilyen esetben a kockázatbecslésnél a kumulatív hatást is figyelembe kellene venni, melyre azonban csak a probabilisztikus modellekkel végzett számítások alkalmasak (ZENTAI et al. 2013). A meghatározott ADI és ARfD értékek csak azon szerekre alkalmazhatók, melyeket a toxikológiai tesztekben vizsgáltak. Ezek a referenciaértékek más, ugyanazon aktív hatóanyagú, de eltérő gyártási eljárással és kiindulási anyagokból készült, az eredetitől különböző összetételű technikai anyagot tartalmazó növényvédő szerekre nem érvényesek (HAMILTON et al. 2017b).

A növényvédőszer-maradék elemzésbe vonható adatok elsődleges forrása a nemzeti monitoring vizsgálati eredmények, de származhatnak pl. szántóföldi kísérletekből, célzott mintavételből, és más országok adatai is rendelkezésre állhatnak a szermaradék eloszlások modellezésére. A monitoring eredmények lehetővé teszik az aktuális bevitel jellemzését. A szerkísérleti eredményeket általában a növényvédő szer engedélyezése és MRL megállapítása során veszik figyelembe, ugyanis akkor még monitoring eredmények nem állnak rendelkezésre. Azt, hogy adott célra (kockázatbecsléshez vagy az MRL-nek való megfelelés ellenőrzéséhez) a szermaradék koncentrációban mely vegyületek veendők figyelembe, a szermaradék definíció adja meg. Kockázatbecslés szempontjából indokolt minden, toxikológiailag releváns

szermaradékot (az aktív anyagot és releváns metabolitjait) figyelembe venni. Az MRL ellenőrzéshez a gyakorlati szempontok, vagyis a különböző szermaradékok egymás melletti meghatározását lehetővé tevő, úgynevezett multi-residue módszerek alkalmazhatósága a fontosabb, ezért a szermaradék definíciója lehetőleg egy vagy néhány jól mérhető komponensre korlátozódik (FAO 2009).

2.4.1. Növényvédőszer-maradékok eloszlása a kezelt területen és területek között

A növényvédőszer-maradékok jellemzően kis mértékben, nyomokban jelenlévő mennyiségek, melyek az alkalmazást követően mikroklimatikus körülményektől függő sebességgel lebomlanak. A szermaradékok mért mennyisége függ az alkalmazott felületi kezeléstől. Hatással lehet rá a növények alakja, térbeli elhelyezkedése, az időjárási viszonyok (AMBRUS 1979). Következésképpen a szerkísérletekben az egyes minták koncentrációi között nagy eltérések (variabilitás) figyelhetők meg, a szermaradékok rendkívül egyenetlen, akár 100-szoros eltérésű területi eloszlásából és a minták korlátozott méretéből adódó mintavételi bizonytalanság következtében. A minták átlagos szermaradék tartalmának relatív szórása egyre kisebb lesz az elemi mintaszám növelésével. HORVÁTH és munkatársai (2013) különböző terményekben vizsgálták különböző szermaradékok eloszlását, több mint 19.000 mintában, ami 182 termény-növényvédőszer-maradék kombinációt fed le. A kezelt területeken belüli eloszlásokat a log-normális eloszlással tudták a legjobban leírni. Az egyes adathalmazok relatív szórásainak átlagával (CV érték) az egyedi szermaradék tartalom variabilitása jól jellemezhető (kísérleti eredmények esetén a $CV=0,8$, míg a piaci minták esetén a $CV=1,1$).

A növényvédő szerek engedélyezését megelőző szermaradék vizsgálatok körülményeit úgy választják meg, hogy a célzott felhasználási előírások mellett a legmagasabb szermaradék szinteket eredményezzék a kezelt terményekben. Ezen szerkísérleti mérési adatok alapján történik a medián szermaradék szint (STMR), a legmagasabb szermaradék koncentráció (HR) becslése és a várható maximális szermaradék értékek (MRL) meghatározása. A különböző kísérletekben lényeges különbségek vannak a vizsgált szermaradékokra vonatkozó mérések száma között. AMBRUS és munkatársai (2014) 1950 szerkísérleti adatsorból, melyek legalább 5 adatot tartalmaztak, származó 25766 szermaradék adatot elemezve megállapították,

hogy a kezelt területek közti szermaradék eltérések tipikus relatív standard deviációja 12-24 elemű összetett mintákban várhatóan kb. 80%.

A piaci minták esetén a szermaradék tartalom variabilitása nagyobb, feltételezhetően a nem kimutatható szermaradék tartalmú minták arányának váltakozása, esetleg a különböző eredetű termények keveredése miatt (HORVÁTH et al. 2013, ZENTAI et al. 2015a). Más szerzők kutatásai is megerősítik, hogy a szermaradék eloszlások leggyakrabban a log-normális eloszlással jellemezhetők (BOON és VAN KLAVEREN 2003). A log-normális eloszlás az esetek nagy részében, a mikotoxinok kivételével, jól jellemzi az egyéb szennyezőanyagok eloszlását is.

2.4.2. A növényvédőszer-maradék vizsgálati eredmények kombinált bizonytalanságát befolyásoló tényezők

A szermaradékok vizsgálati eredményének kombinált bizonytalansága (CV_R) magában foglalja a mintavétel (CV_s), a nagyméretű termények mintatömege csökkentésének, ún. részmintavételének (pl. reprezentatív cikkek (gerezdek) kivétele 5-10 dinnyéből, a laboratóriumi minta kialakítása érdekében, CV_{ss}), az aprítással és az extrakcióhoz szükséges reprezentatív adag kivételével járó mintafeldolgozás (CV_{sp}), továbbá az extrakció, tisztítás, azonosítás és a szermaradékok mennyiségi meghatározásának relatív bizonytalanságát (CV_A), melyeket bővebben az alábbiakban fejtek ki.

2.4.2.1. A mintavétel relatív bizonytalansága

Több kutatás rámutatott arra, hogy a természetes variabilitásból adódóan egy darab gyümölcsben, illetve zöldségben található szermaradék szintje jóval magasabb lehet (AMBRUS 1979, 2006, HILL 2002), mint az általában rendelkezésre álló összetett mintákban az átlagos szermaradék koncentráció. A szermaradék vizsgálatoknál ugyanis nem egyesével mérik a zöldség, gyümölcs szennyezettségét, hanem a közepes méretű terményekből ≥ 10 darabot tartalmazó összetett mintát vesznek, melyek homogenizálást követően kerülnek vizsgálatra. A különböző terményekre vonatkozó elemi mintaszámra vonatkozóan a Codex (CAC 1993) és azzal azonos EU irányelv (EC 2002) áll rendelkezésre.

A mintavétel relatív bizonytalansága (CV_s) különböző adatbázisokból származó adatokból (AMBRUS 1996a, 2004b, 2009) vizsgálva közelítően hasonló eredményt

adtak. A korábbi adatokat FARKAS és munkatársai (2015a) is alátámasztották, szerkísérletekből származó 25867 szermaradék adat elemzésével. Összesen 106 termény és 24 terménycsoport esetében becsülték meg a mintavétel relatív bizonytalanságát, és annak felső 95%-os konfidenciai intervallumát. Megállapították, hogy a relatív konfidencia intervallumok az elemi mintákban lévő szermaradék eloszlásától függetlenek (FARKAS et al. 2017). Az elemi minták szermaradékának jellemző relatív mintavételi bizonytalansága (CV_{S1}) – zárójelben a felső konfidencia határa – fán termő héjas gyümölcsöknél 0,57 (0,72) és különböző magvaknál 1,6 (2,6) között változik. A CV_{S1} közepes és nagyméretű termények többségénél $\sim 0,8$.

A részmintavétel relatív bizonytalanságát (CV_{SS}) szüret után kezelt papaya és szüret előtt kezelt uborka és jákafa vizsgálatából becsülték (YOLCI 2015). A mintaméret csökkentésével járó relatív bizonytalanság 17-21 % volt a területen kezelt jákafa és uborka, 7% volt szüret után kezelt papaya esetében, ami arra enged következtetni, hogy a szüretet követő növényvédő szeres kezelés egységesebb eloszlást eredményez a kezelt gyümölcsön/gyümölcsben.

2.4.2.2. A mintaelőkészítés és az analitikai mérési eredmények relatív bizonytalansága

A minta feldolgozásának célja, hogy megfelelően összekevert állagú laboratóriumi minta jöjjön létre ahhoz, hogy az abból analízisre kivett néhány gramm a minta átlagos szermaradék tartalmát mennyiségileg meghatározható bizonytalansággal (CV_{Sp}) reprezentálja.

A minta feldolgozásának relatív bizonytalanságát (CV_{Sp}), melyet a vizsgált mintahányadok szermaradék tartalma alapján becsülnek meg, befolyásolja a vizsgált mintahányad tömege, a mintázott anyag jellemzői, a gyümölcsök, zöldségek érettsége, a minták aprítására használt felszerelés, a feldolgozás hőmérséklete, ellenben független a növényvédő szertől, feltételezve, hogy a szermaradék stabilitását a feldolgozás nem változtatja meg. Az ezirányú kísérletek eredményei a vizsgált mintától és feldolgozási módszertől függően jelentős eltérést mutatnak (AMBRUS 1996b, MAESTRONI 2000, FUSSEL 2007, AMBRUS 2016a-b).

Szokványos körülmények között végzett növényvédőszer-maradék analitikai vizsgálatban a minta előkészítésénél 10%-os relatív bizonytalanság reálisan elérhető. Ennek csökkentése lényeges mértékű idő és anyagi ráfordítást igényelne, azonban nem javítaná az eredmény kombinált bizonytalanságát. A célzott 10% egy ≥ 15 g vizsgálati

minta esetén viszonylag könnyen elérhető, azonban ugyanazon előkészítési művelet mellett a tesztminta 1g-ra csökkentése a mintaelőkészítés bizonytalanságát 3,9-szeresére növelné, figyelembe véve az alapvető mintavételi hiba számítására vonatkozó, GY (1998) által bevezetett, és MINKKINEN (2004) által használt egyenletet:

$$CV_{Sp}^2 = Cd^3 \left(\frac{1}{M_{tp}} - \frac{1}{M_L} \right) \quad (7)$$

ahol C az alakra vonatkozó faktor, d az aprított mátrix szemcsenagyságának felső 95%-a, M_{tp} a tesztminta tömege és M_L az aprított analitikai minta tömege. A célzott 10%-os CV_{Sp} kemény héjú és lágy pépű mintáknál, mint pl. a paradicsom, nem alkalmazható, feldolgozásuk különleges figyelmet igényel.

A minták analitikai vizsgálata különböző módszerekkel, különböző kimutatási határ mellett történik. A szermaradék koncentrációk általában kis mennyiségek, sokszor nem számszerűsíthető adatok, mivel egy bizonyos szint alatt lévő mennyiséget már nem lehet megbízhatóan meghatározni (LOD: limit of detection, kimutatási határ, vagy non detected, LOQ: limit of quantification, meghatározási határ). Bizonyos országoknál egy adott jelentési határ (LOR, limit of reporting) alatt már nem közlik a mért eredményt. A nem számszerűsített eredmények jelenléte bizonytalanságot okoz és modellezni szükséges, mivel a valóságban a 0 és LOQ/LOR közti tartományban a szermaradékok bármilyen értéket felvehetnek. Zérusként történő kezelésük alábecslést, LOQ/LOR értéken történő kezelésük fölébecslést eredményezhet. Széleskörben alkalmazott megoldás ezen minták LOQ/2 értéken történő figyelembe vétele is. A JMPR által jelentett vizsgálati eredmények arra engednek következtetni, hogy a szerkísérletek során végzett analitikai vizsgálatok átlagos bizonytalansága (CV_A) $\leq 15\%$ -ra becsülhető (FARKAS et al. 2015b).

A szerkísérleti mintavétel jellemző relatív bizonytalansága $CV_s=0,25$, a nagyméretű termények részmintavételének jellemző relatív bizonytalansága $CV_{ss}=0,2$, a mintaelőkészítés jellemző relatív bizonytalansága $CV_{sp}=0,1$, az analitikai mérés jellemző relatív bizonytalansága $CV_A=0,15$. Nagyméretű termények szermaradék-tartalmának kombinált bizonytalansága jellemzően $CV_R=0,37$, közepes és kis termények esetében 0,31.

2.4.2.3. Feldolgozás relatív bizonytalansága

Egyes alapvető, fogyasztás előtt alkalmazott feldolgozási eljárások (mosás, hámozás) nagyban csökkenthetik a szermaradék tartalmat, ellenben egy aszalás vagy olajsajtolás akár növelheti is azt (WHO 1997b), az alkalmazott eljárástól, a terménytől és az aktív hatóanyag fizikai-kémiai jellemzőitől függően. Az engedélyezett növényvédő szerek nagy száma és az elképzelhető feldolgozási műveletek sokfélesége miatt részletes információ konkrét növényvédő szer–termény kombinációk feldolgozási faktorára (P_f) csak korlátozottan áll rendelkezésre.

A feldolgozási tényező (processing factor) a szermaradék feldolgozott és feldolgozatlan termékben lévő koncentrációinak hányadosa (FAO 2009):

$$P_f = \frac{\text{feldolgozott termékben lévő szermaradék koncentráció } [\frac{\text{mg}}{\text{kg}}]}{\text{feldolgozatlan termékben lévő szermaradék koncentráció } [\frac{\text{mg}}{\text{kg}}]} \quad (8)$$

Minél kisebb ez a tényező, annál kevesebb szermaradék marad a feldolgozott élelmiszerben. Az ezirányú vizsgálatok eredményeinek pontossága változó, ami a különböző feldolgozási körülmények, a mintavétel bizonytalansága és a nyersanyagok laboratóriumi vizsgálatának következménye.

A feldolgozási faktor függ a kihozatali tényezőtől, ami a feldolgozott termék (pl. liszt) és a nyerstermék (búzaszem) tömegarányát mutatja:

$$Y_f = \frac{\text{feldolgozott termék tömege [kg]}}{\text{nyers mezőgazdasági termék tömege [kg]}} \quad (9)$$

A feldolgozott folyékony állapotú termékek (finomított olaj, paradicsompüré, bor stb.) jól kevertnek tekinthetők, következésképpen a mintavétel nem járul számottevően hozzá az eredmények kombinált bizonytalanságához. Ugyanakkor, a szilárd termékeknél (liszt, korpa, kukoricapehely) figyelembe kell venni a mintavétel bizonytalanságát is. A JMPR a feldolgozási tényező különböző körülmények között kapott értékeinek a mediánját javasolja a feldolgozás hatásának jellemzésére, mivel azt a szélső értékek nem befolyásolják. Azokban az esetekben, viszont, amikor néhány feldolgozási művelet során kapott értékek lényegesen eltérnek egymástól, mint a fogyasztói expozíció szempontjából legrosszabb esetben, a legmagasabb feldolgozási faktor alkalmazása javasolt. A feldolgozási tényezők szóródása jelzi az eredmények bizonytalanságát. A feldolgozási kísérletek a leggyakrabban alkalmazott ipari és háztartásbeli eljárások hatását modellezik. A feldolgozás során a növényvédőszer-hatóanyag várható bomlására irányuló hatásvizsgálatával kapcsolatos OECD útmutató összefoglalja (2007a-c, 2008) azon feldolgozási eljárások jellemző körülményeit,

amelyekkel a feldolgozás során történő szermaradék-változást modellezzik (2. táblázat).

2. táblázat: Példák az élelmiszer-feldolgozás jellemző körülményeire

Eljárás típusa	Kritikus művelet	Hőmérséklet (°C)	Idő (perc)	pH
Zöldség, gyümölcs főzése	Forralás	100	15–50	4,5–7
Gyümölcsök tartósítása	Pasztöröztés	90–95	1–20	3–4,5
Zöldségek tartósítása	Sterilizés	118–125	5–20	4,5–7
Gyümölcslé készítése	Pasztöröztés	82–90	1–2	3–4,5
Olajkészítés	Finomítás	190–270	20–360	6–7

A feldolgozási faktorokat a szermaradék jellemzői (pl. víz- vagy zsírolékonysága), a szermaradék terméken belüli eloszlása (pl. felületi vagy szisztémikus), valamint szüret előtti vagy utáni kezelésként történő alkalmazása lényegesen befolyásolja. Következésképpen a feldolgozási faktorokra a feldolgozási eljárás, a szermaradék és a termény kombinációjaként kell tekinteni (AMBRUS 1996a-b). A feldolgozás hatásának kiterjesztése egyik terményről a másikra körültekintést igényel. A 3. táblázat példákat tartalmaz a gyümölcsök mosásának hatásával kapcsolatosan.

3. táblázat: A háztartásokban alkalmazott mosás hatása a nyers terményeken lévő növényvédőszer-maradékokra (BfR adatbázis)

logP _{ow}	Oldékonyság mg/kg	Szermaradék	Termény	Feldolgozási faktor	
				Tartomány	Medián
2,8	3,3	kaptán	alma	0,31 - 0,46	0,37
2,8	3,3	kaptán	cseresznye	0,04	0,04
3,2	4,2	mandipropamid	paradicsom	0,19 - 0,50	0,27
1,98	585	izopirazam	alma	0,28 - 1,27	0,75
1,98	585	izopirazam	paradicsom	0,37 - 1,00	0,70
7	0,005	lambda-cihalotrin	szamóca	0,82 - 1,00	0,91
7	0,005	lambda-cihalotrin	áfonya	0,83 - 1,00	0,92
5,1	0,0231	fenpiroximát	szilva	0,67 - >1,00	1,00
5,1	0,0231	fenpiroximát	szamóca	0,71 - 0,89	0,71
5,1	0,0231	fenpiroximát	paradicsom	0,50 - 1,00	0,50
4,5	0,61	trifloxistrobin	alma	0,63 - 1,24	0,93
4,5	0,61	trifloxistrobin	alma	0,61 - 1,64	1,10
4,5	0,61	trifloxistrobin	szamóca	0,58 - 0,93	0,73

A mosás a vízoldékony felületi szermaradékok nagy részét eltüntetheti, amit alacsony P_f érték jelez (pl. kaptán, mandipropamid esetében), ellenben gyakorlatilag hatástalan a mosás, ha a szermaradék a gyümölcs belsejében koncentrálódik, illetve, ha a felületi szermaradéknak alacsony a vízoldékony-sága.

A BfR honlapján több mint 6500 feldolgozási faktort tartalmazó gyűjtemény található összesen 190 aktív növényvédőszer hatóanyaggal kapcsolatosan, kiegészítve a JMPR és az EFSA jelentésekben közreadott értékeket (BfR 2011). Az OECD útmutatói (2007a-c, 2008) további útmutatást nyújtanak a feldolgozási faktor lehetséges extrapolációjával kapcsolatosan két terményfőleség között 19 feldolgozási eljárás esetére. A feldolgozási tényezők szóródása jelzi az eredmények bizonytalanságát.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A fogyasztók növényvédőszer-maradék expozíciójának számítása

Az expozíció-számítás algoritmusát a 2.1.3. pontban ismertettem. Az expozícióhoz tartozó bizonytalanság becslés első lépése, hogy a különböző forrásból származó, bizonytalanságok azonosítása megtörténjen, valamint meghatározzuk azokat az ismerethiányból fakadó korlátokat, melyek nem teszik lehetővé a kombinált bizonytalanság szempontjából lényeges hatások elemzését. A továbbiakban sort kell keríteni azon bizonytalanságok mennyiségi meghatározására, ahol erre adat áll rendelkezésre. Az elemi bizonytalanságokból a hibaterjedés törvényét figyelembe véve kombinált, majd kiterjesztett bizonytalanság számítható.

Kutatómunkámban egy 2×24 órás fogyasztási felmérés során jelentett élelmiszerek és a bifentrin szermaradék szennyezettségükből származó expozíció becslésének bizonytalansági tényezőit azonosítottam, lehetőség szerint számszerűsítettem, melyeket disszertációm 4.3. részében fejtek ki részletesen.

3.1.1. Az expozíció számítás alapadatai I: élelmiszer-fogyasztási adatok

A kitettség becslés számításához egy 19 éves fiú (testmagassága: 192 cm, testtömege: 60 kg) két, nem egymást követő napon történt pontosan ismert tényleges fogyasztási adatait választottam. A megadott fogyasztási adatokat a 4. táblázat tartalmazza.

3.1.1.1. Adagbecslés módszere

A PILOT PANEU projekt keretében vizsgáltuk a nemzetközi EPIC-SOFT (ES) szoftverhez tartozó képesalbum hazai fogyasztói felmérésekben történő alkalmazhatóságát. Az ES képeskönyv 140 színes képsorozatot tartalmaz élelmiszerekről és kész ételekről. A könyv mérete korlátozott, ezért csak egy képsorozat készült a hasonló térfogattömegű élelmiszerekről (CRISPIM et al. 2011). Egy képsorozat legalább 4, legfeljebb 6 képet tartalmaz. Ugyanarról az élelmiszerről vagy ételről készült kép egy A4-es oldalon található. Az ételképek kicsinyítve szerepelnek a könyvben, általában 1:4 arányban. A kenyérről készült rajzok valós nagyságúak. A fényképek elrendezése a legkisebb adaggal kezdve növekvő sorrendű. A felhasznált tányérok és evőeszközök azonosak.

4. táblázat: Két nem egymást követő nap fogyasztási adatai

Étkezés	1. fogyasztási nap	
	Élelmiszerek	Fogyasztott mennyiségek becsült tömege
Reggeli	Zabpehely áfonyával Tej Kávé 10% tejjel	100g 100ml 100ml
Tízórai	1 alma, 1 körte	közepes méretű
Ebéd	Sertésből készített pörkölt Galuska Almalé	100g 200g 300ml
Uzsonna	1 banán, 1 narancs	közepes méretű
Vacsora	Vaj Félbarna kenyér Kakaó	12g 2 szelet 300ml
Egyéb napi folyadékfogyasztás	Víz	1000ml
Étkezés	2. fogyasztási nap	
	Élelmiszerek	Fogyasztott mennyiségek becsült tömege
Reggeli	Teljes kiőrlésű kenyér Delma margarin Sonka Paprika Narancslé	80g 10g 50g 50g 300ml
Tízórai	Almáspite	150g
Ebéd	Sertéshúsból készített fasírt Zöldborsófőzelék Áfonya	100g 370g 120g
Uzsonna	1 kiwi, 1 mandarin	közepes méretű
Vacsora	Számócalekváros palacsinta Kakaó	4 darab 300ml
Egyéb napi folyadékfogyasztás	Víz	1000ml

A lapos tányér 26 cm, a leveses tányér 18 cm, a desszertes tányér 20 cm átmérőjű. Minden adagot ugyan abból a 45°-os szögből fényképezték.

Az ES képesalbum alkalmazhatóságának ellenőrzésére végzett, úgynevezett validálási vizsgálatban három korcsoportban (10-17 éves gyermekek, 18-64 éves felnőttek, 64 év feletti idősök) összesen 62 fő vett részt, önkéntes alapon.

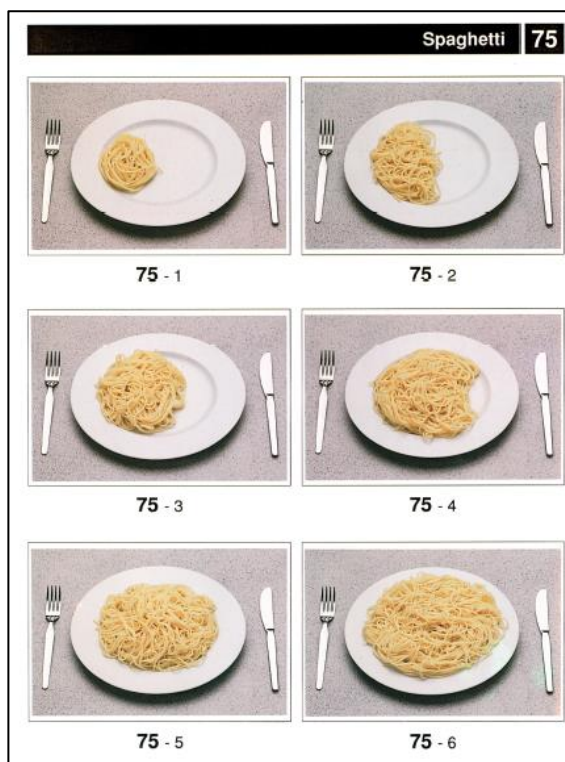
Minden résztvevő számára először hét étel 3-3 adagját mutattuk be. A tányéron prezentált ételek adagjai (ételenként három: kicsi, közepes, nagy) a képesalbumban szereplő fotósorozat véletlenszerűen kiválasztott egy-egy adagjának tömegével megegyeztek (egy étel, a sült hússzelet, esetében csak közelített) (5. táblázat). A kimért adagok mellett ételenként elhelyeztük az ES képesalbum vonatkozó fényképsorozatát. A fotósorozatok 1-4/5/6 adagot szemléltetnek. Az 1. a legkisebb, a 4, 5 vagy 6. adag a legnagyobbat mutatja be. A bemutatásra került ételadagok tömegét a résztvevőknek ezen fényképsorozatok (3. ábra) segítségével kellett megbecsülniük, úgy, hogy az adagot a fényképsorozatban szereplő adagok sorszámaival (1, 2, 3, 4, 5 vagy 6) jelölték, illetve, ha becslésük szerint az adag két kép közé esett, akkor a képen látható adagok közti különbséget egy 10-es skálán bejelölt köztes, illetve a legkisebb adag alatti és a legnagyobb adag feletti (pl. 1,2; 3,4; 6,2 stb.) értékkel jelölték. A becsült adagokat egy tesztlapra rögzítették (M2. melléklet). A résztvevők adagonként, illetve egyesével végezték a becslést, nem volt lehetőségük a becslés megvitatására. A vizsgálat ezen szakaszában a perцепciós képességeket vizsgáltuk.

5. táblázat: A perцепciós módszerhez kiadagolt ételek adagjainak tömege

Ételek ^a	Adag 1 ^a	Adag 2 ^a	Adag 3 ^a
Főtt burgonya (P1)	141g (2)	304g (4)	507g (5)
Gomba (P91)	87g (3,1)	151g (4,8)	228g (6,7)
Gyümölcsös sütemény (P64)	60g (1,2)	79g (1,6)	116g (2,7)
Sertéspörkölt (P104)	57g (1)	190g (3)	276g (4)
Spagetti (P75)	61g (1)	170g (3)	320g (5)
Parajfőzelék (P517)	81g (2)	119g (3)	310g (6)
Sült hússzelet (P42)	134g (1,85)	216g (3,34)	300g (4,44)

Magyarázat:

^a: Az EPIC-SOFT fotósorozat sorszámaát és a tesztelt adag értékelő skála szerinti megfelelőjét a zárójeles érték jelzi.



3. ábra: Spagetti adagbecsléséhez alkalmazott fényképsorozat az EPIC-SOFT képesalbumból

A vizsgálat második fázisában a memória hatásának vizsgálata történt. A visszaemlékezéses módszernél a résztvevők ugyanazon hét ételből 1-1 tetszőleges adagot mértek ki tányérjukra. Az adagokat lemértük, majd az ételt visszaöntöttük a tálaló edényekbe (4. ábra). A vizsgált ételeket nem volt szabad megkóstolni, illetve elfogyasztani, tekintettel higiénés, valamint élelmiszer-biztonsági szabályokra, továbbá a felmerülő költségek csökkentése érdekében. Az önkiszolgálást követően a résztvevőket arra kértük, hogy csatlakozzanak egy közös élelmiszer-biztonsági témájú játékhoz, valamint teszt kitöltéséhez. Kb. 1-2 óra elteltével a résztvevőket arra kértük, hogy a kimért, de nem elfogyasztott ételekre emlékezzenek vissza és az adott ES fotósorozat alapján becsüljék meg ételenként a kimért adagok nagyságát (5. ábra). Az adatok rögzítéséhez ugyanazt a tesztlapot használtuk, decimális skálával, így lehetőség volt két adag közti méretet becsülni. A vizsgálat összesen 2-3,5 órát vett igénybe résztvevőként.



4. ábra: Memória módszernél egyedi ételadagok kimérése, mérése



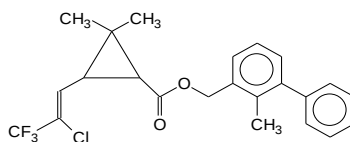
5. ábra: Memória alapú becslés során történő kikérdezés, a becsült adagok dokumentálása

Mivel a képesalbum terjedelme korlátozott, ezért egy-egy fotósorozat több hasonló térfogattömegű élelmiszer mennyiségének a meghatározására is használható. Az egy képsorozathoz csoportosított különböző ételeknek eltérő a sűrűsége, amit nem szabad figyelmen kívül hagyni. A felmérés időszakában az EPIC-SOFT képesalbumban szereplő egyes élelmiszereknél alapértelmezett sűrűségérték szerepelt ($\rho=1$).

3.1.2. Az expozíció számítás alapadatai II: növényvédőszer-maradék adatok

A kitettség becsléshez növényvédő szernek a bifentrint választottam, tekintve, hogy szermaradéka előfordul a két nap során fogyasztott gabona alapú élelmiszerekben, gyümölcsökben és a feldolgozott termékekben. Kellő mennyiségű adat áll rendelkezésre ahhoz, hogy illusztrálni lehessen velük a bizonytalanságot. Az állati termékeknel fennálló részleges adathiánnyal pedig bemutatásra kerülhet az információ hiányából fakadó bizonytalanság, illetve ennek jelentősége.

A bifentrin egy nem szisztémikus (nem felszívódó) piretroid típusú növényvédő szer, rovarölő és gombaölő hatásmechanizmussal (IUPAC kémiai neve: 2-metilhylbiphenyl-3-yl-methyl (Z)-(1RS,3RS)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enyl)-2,2-dimethyl-cyclopropanecarboxylate). Kémiai szerkezetét a 6. ábra mutatja.



6. ábra: Bifentrin kémiai szerkezete

A FAO/WHO JMPR 0-0,01mg/ttkg ADI értéket és 0,01 mg/ttkg ARfD értéket állapított meg, és arra a következtetésre jutott, hogy az étrendi bevitel számításokhoz egyedül a változatlan szerkezetű bifentrint kell figyelembe venni (FAO 2011b). Lényeges fizikai-kémiai jellemzőit a 6. táblázat tartalmazza, jelezve, hogy egy zsíroldékony, igen alacsony vízzoldékonyságú vegyületről van szó, mely standard hidrolízis körülmények között stabil szerkezetű, de 168 °C felett bomlik. A ¹⁴C-fenilgyűrűn jelzett bifentrin hidrolízisét 90°C, 100°C és 120°C-os steril pufferekben, 4, 5 és 6-os pH mellett tanulmányozták. A mintákat 20-60 percig inkubálták, sötétben, 90°C, 100°C és 120°C-on (FAO 2011b). A steril körülmények között végrehajtott hidrolízis vizsgálatok azt mutatták, hogy a bifentrin stabil a vizsgált hőmérsékleteken és pH-k mellett, következésképpen nem valószínűsíthető, hogy főzés során, vagy pl. paradicsompüré, ill. szósz, továbbá gyümölcsle készítésekor bomlana. Ellenben 220°C-on történő kenyérsütés során bomlása nem zárható ki.

6. táblázat: Bifentrin fizikai-kémiai jellemzői

Tényező	Jellemző
Olvadási pont	68,9–70,2°C
Forráspont	Forrás előtt bomlik
Gőznyomás	$1,78 \times 10^{-5}$ Pa 20°C-on
Konstans Henry-törvény alapján	$3,01 \text{ Pa m}^3 \text{ mol}^{-1}$
Vízoldékonyság	0,014 µg/L
Oktanól-víz megoszlási hányados	Log P_{ow} 7,3
Hidrolízis aránya	A bifentrin nem hidrolizál

A vegyület növényi szövetekben történő metabolizmusát az OECD GL 501 útmutatása alapján vizsgálták (OECD 2007a). Az eredmények jelzik, hogy a vegyület a gyümölcsök héján marad, és állománykezelést követően nem kerül a gabona (kukorica) szembe. A változatlan szerkezetű bifentrin (0,03-0,034 mg/kg) a burgonya gumóban található összes szermaradék több, mint 75%-át teszi ki, talajban és levélen történő együttes növényvédőszeres kezelést követően.

A bemutatott példában szereplő fogyasztott ételek szermaradék adatai a JMPR értékelésekben publikált szerkísérleti adatokból származnak (FAO 2011b, 2016). Itt hangsúlyozni szükséges, hogy a szerkísérleteket azért végzik, hogy a kapott szermaradék adatokkal alátámasszák a növényvédő szer regisztrációjának kérelmét. Ezeket a szerkísérleti vizsgálatokat körültekintően tervezik és szigorú feltételek között végzik kisméretű kísérleti földterületeken, melynek során különös figyelmet kap az egyenletes növényvédőszeres alkalmazás, vagy a raktározott termények kezelése. A minták tömege többnyire nagyobb (AMBRUS 2006), mint a rendszeres szermaradék-ellenőrzéskor (CAC 1999, EC 2002). Következésképpen a szerkísérletekből származó összetett mintákban mért szermaradékok koncentrációja kisebb variabilitást mutat, mint amit a normál üzemi alkalmazást követően megfigyelnek. Ezeket a körülményeket figyelembe kell venni akkor, amikor a szermaradék adatok variabilitását elemzik (AMBRUS et al. 2014).

Az állati eredetű élelmiszerek esetében a JMPR tejre 0,053 mg/kg, emlősállat izomzatára 0,07 mg/kg és emlőstől származó zsírra 0,59 mg/kg medián értéket határozott meg, izomzatra és zsírra a legmagasabb szermaradék érték (HR) 0,104, valamint 1,9 mg/kg (FAO 2011b). Nem várható szermaradék a baromfihúsban, zsírban és tojásban, alapul véve az állatok táplálásával és a szermaradék átvitelével kapcsolatos kísérleti eredményeket.

3.2. Az adagbecslés hibájának statisztikai értékelése

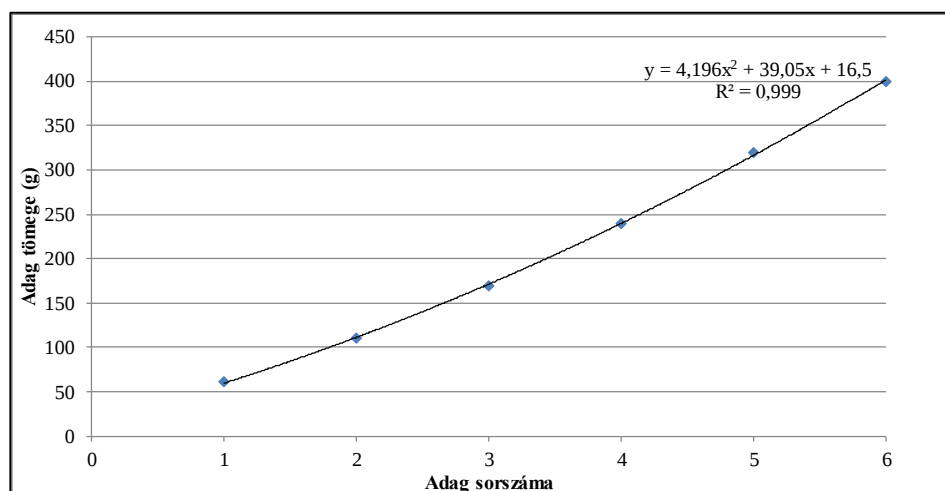
A fotósorozat egyes adagjaihoz tartozó tömegek közti összefüggést másodfokú egyenletekkel (7. táblázat, 7. ábra) írtam le. Két adag közti, valamint a legkisebb (1. adag) és legnagyobb adag (5. vagy 6. adag) alatti/feletti becslésekhez tartozó tömegértékeket ezen egyenletekkel számoltam ki.

7. táblázat: A percepció vizsgálatban szereplő ételek képesalbum adagjaira vonatkozó másodfokú egyenletek

Ételek	Másodfokú egyenletek	R ²
Főtt burgonya (P1)	$y=3,7679x^2 + 60,854x + 5,7$	0,999
Spenót (P517)	$y=6,7321x^2 + 3,875x + 43,5$	0,998
Spagetti (P75)	$y=4,1964x^2 + 39,054x + 16,5$	0,999
Sült hússzelet (P42)	$y=7,642x^2 + 18,04x + 57,2$	0,991
Sertéspörkölt (P104)	$y=13,286x^2 + 9,2857x + 40$	0,995

Magyarázat:

x: adag sorszáma; y: adag tömege; R²: determinációs együttható



7. ábra: Az ES képesalbum spagetti fényképsorozata egyes adagjainak sorszáma és tömege közti összefüggés

A képeskönyben megadott tömeg (m_k) és becsült (m_b) tömegek közti relatív eltéréseket százalékos formában adtam meg:

$$\Delta_m \% = \frac{m_b - m_k}{m_k} \quad (10)$$

A relatív eltérés a becslés hibája. Negatív előjelű eltérés alábecslést, pozitív előjelű eltérés fölébecslést jelez.

A kimért ételadagok becsült tömegének az átlaga ($\bar{m}_b$) és a valós tömeg (m_k) közti relatív eltérést ($\bar{\Delta}_m$) az alábbiak szerint számoltam:

$$\bar{\Delta}_m = \frac{\bar{m}_b - m_k}{m_k} \quad (11)$$

A becsült tömegek átlaga és a valós tömeg értéke közti relatív eltérés meghatározása lehetővé teszi az egyes ételeknél kapott eredmények összehasonlítását.

A becsült tömegek relatív standard deviációját (CV) az alábbi egyenlettel határoztam meg:

$$CV_k = \frac{SD_{ki}}{\bar{m}_i} \quad (12)$$

ahol SD_{ki} az i-ik élelmiszer k-résztvevő által becsült tömegének a szórása, $\bar{m}_i$ az i-ik élelmiszer átlagos becsült tömege. A becsült tömegek CV értékét a fotósorozat alkalmazhatóságának vizsgálatához használtam.

A visszaemlékezés alapján történt becslések pontosságát az átlagos relatív eltéréssel ($\bar{\Delta}_{irel}$) határoztam meg, tekintettel arra, hogy a megkérdezett személyek által kimért valamennyi adag (valós érték) különbözött:

$$\Delta_{irel} = \frac{m_s - m_e}{m_s} \quad (13)$$

$$\bar{\Delta}_{irel} = \frac{\sum_{i=1}^k \Delta_{irel}}{k} \quad (14)$$

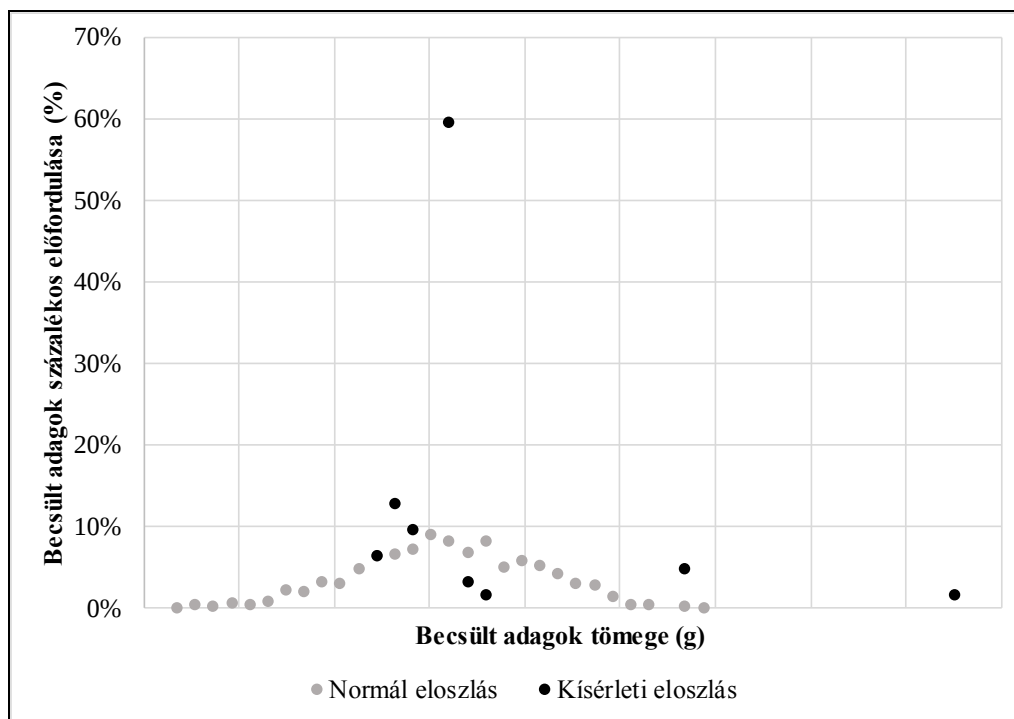
ahol m_s és m_e az i-dik étel k résztvevő által kimért és becsült adagja. A becsült eltérések eloszlását a relatív standard deviációval (CV_{ir}) jellemeztem, melyet a terjedelem (range) statisztika alkalmazásával az eltérések abszolút értékének átlagából számítottam (ANDERSON 1987, ELLISON és WILLIAMS 2012):

$$\Delta_{ira} = \frac{|m_s - m_e|}{m_s} \quad (15)$$

$$CV_{ir} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{\Delta}_{ira}}{k \cdot 1,128} \quad (16)$$

Az adatokat nem és kor szerinti csoportosításban is megadtam.

A kísérleti adatok és a kísérleti adatok átlagával, illetve szórásával generált normál eloszlás összehasonlítása során azt tapasztaltam, hogy a becsült adagok nem tekinthetők normál eloszlásúaknak (8. ábra). Következésképpen, az eredmények kiértékeléséhez nem-parametrikus statisztikai próbákat alkalmaztam.



8. ábra: A spagetti kis adagjának összes résztvevő által becsült tömege alapján kapott kísérleti eloszlás és a generált normál eloszlás összehasonlítása

3.2.1. Wilcoxon előjeles rangpróba

A valós és becsült tömegek közti eltérések szignifikanciájának meghatározásához a Wilcoxon előjeles rangpróbát (WSRT) választottam. A teszt akkor alkalmazható, ha a becsült értékek eloszlása közel szimmetrikus, azaz az átlag és a medián értékek közel azonosak. A null hipotézis, H_0 , az, hogy a becsült értékek mediánja nem tér el a valódi értéktől. A teszt végrehajtásának lépései:

1. Kiszámítjuk az ismert ételtömeg (m_i) és a vonatkozó képsorozat alapján becsült tömegek (m_{ib}) különbségét.
2. A különbségeket előjeltől függetlenül rangsorba állítjuk (0 különbségeket nem vesszük figyelembe).
3. Összeadjuk a pozitív és negatív különbségek rangszámát.
4. A kisebb rangszámok összegét hasonlítjuk a valódi értéktől eltérő becslések számához tartozó kritikus értékhez. Ha a $2\alpha=0,05$ valószínűséghez tartozó kritikus érték kisebb, mint a rangszámok összege, fenntartjuk a null hipotézist, vagyis a különbség nem szignifikáns.

A számítást az 57 g-os pörkölt adag becslése során kapott eredményekkel (átlag 65,44 g; medián 57 g) mutatom be (8. táblázat).

8. táblázat: A Wilcoxon előjeles rangpróba a 57 g-os pörkölt adag becslése során kapott eredményekkel

1. lépés $m-m_{ib}^*$	2. lépés Rangsorrend	3. lépés Rangszámok	
		Pozitív	Negatív
-19,5	6,5		4
-6,5	6,5		4
-6,5	6,5		4
-6,5	6,5		4
-6,5	6,5	4	
6,5	6,5	4	
6,5	6,5	4	
6,5	13	8,5	
13	13	8,5	
13	19,5		10
19,5	26	12,5	
26	26	12,5	
26	26	12,5	
26	26	12,5	
26	32,5	15	
32,5	52	16	
52	65	17	
65	65	18	
65	71,8	19	
71,8	133	20	
		184	26

*A negatív eltéréseket, illetve abszolút értékeit is kövér betűk jelzik.

A 62 becslésből 42 esetében az $m-m_{ib}=0$. Ezen értékek a táblázatban nem szerepelnek, mivel a számításban ezeket nem kell figyelembe venni. A 20 értékhez 95%-os valószínűségi szinten a kritikus érték 52 (BEYER 1986). A negatív eltérések rangszámának összege 26. Ezért a null hipotézist ($H_0=57$ g) elvetjük, azaz a becsült tömegek átlaga és a valódi tömeg 95%-os valószínűséggel különbözik.

3.2.2. Kruskal-Wallis H próba

A különböző (nem és életkori szerinti) csoportok által becsült tömegek mediánja és az eloszlás közti hasonlóság vizsgálatára a Kruskal-Wallis H próbát (KW) alkalmaztam. A KW teszt kettőnél több független minta egy változó mentén történő összehasonlítására használható, amelyek rendelkezhetnek azonos, de akár különböző elemszámmal is. A próba null hipotézise az, hogy a k független minta azonos alapsokaságból származik, a vizsgált csoportok mediánja megegyezik (azaz nincs közöttük szignifikáns eltérés). Alternatív hipotézisként tehát az tesztelhető, van-e különbség az egyes összehasonlított csoportokhoz tartozó populációk mediánjai közt. Ha a H_0 -t elvetjük, akkor vagy a k minta elemeinek az eloszlása, vagy legalább egy minta mediánja különböző. A számításokhoz a McDONALD féle Excel alapú programot (McDONALD 2014) használtam, mely megadja a null hipotézis teljesülésének a valószínűségét is.

3.2.3. Kiugró értékek helyettesítése winsorizálással

A kiugró értékek, azaz outlierek helyettesítésére a winsorizálás módszerét alkalmaztam. A módszer lényege, hogy a rangsorba állított becsült tömegek legnagyobb és legkisebb értékét a következő legnagyobbbal, illetve legkisebbel helyettesítjük. Az eljárás elvben addig folytatható, amíg a szélső értékek már nem változnak. Más megközelítésben a winsorizálás során a nagyság szerint sorba rendezett változó valamelyik alsó, illetve felső percentilisét tekintjük kitüntetett határértéknek, melyeken túli értékek már kiugró értéknek minősülnek (MILLER és MILLER 2010). Figyelembe kell venni, hogy a minta szabadsági foka a helyettesített értékekkel csökken. Például 2-2 alsó és felső érték helyettesítésekor a szabadsági fokok száma 4-gyel csökken. A módszer végrehajtását a 9. táblázat az 57 g-os sertéspörkölt adag becslési eredményeivel szemlélteti. Az 1. lépésben a legkisebb (37,5g) és legnagyobb (190g) értékek helyére a következő legkisebb (50,5g) és legnagyobb (128,8g) értéket helyettesítettem be. A 2. lépésben a következő legkisebb (50,5g) és legnagyobb (122g) értéket helyettesítettem be. A 3. behelyettesítésnek nincs értelme, mert a soron következő értékek azonosak. A becsült értékek átlaga, az SD, CV értékei, valamint a relatív eltérés a winsorizálás eredményeként csökkentek. Ugyanakkor a winsorizálás nem befolyásolta azt, hogy a valódi és az átlagos becsült tömeg eltérése szignifikáns-e vagy nem.

9. táblázat: Kis adag (57g) sertéspörkölt becsült tömeg winsorizált adatai*

Becslések száma	Becsült tömegek (g)	Winsorizálás 1. lépésben	Winsorizálás 2. lépésben	Winsorizálás 3. lépésben
1	37,5	50,5	50,5	50,5
2	50,5	50,5	50,5	50,5
3	50,5	50,5	50,5	50,5
4	50,5	50,5	50,5	50,5
5	50,5	50,5	50,5	50,5
6-47	57	57	57	57
48	63,5	63,5	63,5	63,5
49	63,5	63,5	63,5	63,5
50	63,5	63,5	63,5	63,5
51	70	70	70	70
51	70	70	70	70
53	83	83	83	83
54	83	83	83	83
55	83	83	83	83
56	83	83	83	83
57	89,5	89,5	89,5	89,5
58	109	109	109	109
59	122	122	122	122
60	122	122	122	122
61	128,8	128,8	122	122
62	190	128,8	122	122
átlag	65,44	64,66	64,44	64,44
medián	57	57	57	57
relatív eltérés	14,81%	13,44%	13,06%	13,06%
SD	23,73	19,10	18,38	18,38
CV	0,36	0,295	0,29	0,29

* A winsorizált adatokat kövér számokkal jelöltem.

3.2.4. Párosított mintás Wilcoxon előjeles rangpróba

A memória módszerrel kapott adatokat, a kimért és becsült adagok közti eltérések szignifikanciáját a párosított mintás Wilcoxon előjeles rangpróbával (WSRTp) vizsgáltam (MILLER és MILLER 2010). A null hipotézis, H_0 , az, hogy a kimért és a becsült adagok közti különbség véletlen. A számítás lépései és a kritikus értékek megegyeznek a Wilcoxon előjeles rangpróbáéval. Ha a kisebb rangszám összege nagyobb, mint a kritikus érték, akkor a H_0 -t fenntartjuk, tehát a különbség a kimért és

becsült adagok között, a választott 95%-os valószínűséggel nem különbözik (ZAIONTZ 2017).

3.2.5. A képeskönyv validálási eredményeinek statisztikai kiértékelése

A kapott eredmények értékelésekor a következő séma szerint jártam el. A valós és becsült tömegek közti eltérések szignifikanciájának meghatározását a WSRT előjeles rangpróbával végeztem. A különböző (nem és életkori szerinti) csoportok által becsült tömegek mediánja és az eloszlás közti hasonlóságot a KW H próbával vizsgáltam.

Jónak tekintettem az eredményt és a fényképet alkalmazhatónak, ha:

- (a) a relatív eltérés a becsült és valós tömegek közt $<10\%$;
- (b) ha a WRST rangpróba nem jelzett szignifikáns eltérést a becsült tömegek átlaga és a valós tömeg között; és
- (c) az egyes becslések tömegének relatív standard deviációja, $CV \leq 0,30$.

Abban az esetben, ha fenti kritériumok nem teljesültek, winsorizálást alkalmaztam a lehetséges kiugró értékek hatásának kiegyenlítése érdekében. A winsorizált adatsorból ugyancsak kiszámoltam az átlag és a valós érték közti relatív eltérést, a CV_w értéket, majd megismételtem a WSRT és KW próbákat.

A winsorizálást követően az eredményt akkor tekintettem jónak, illetve megfelelőnek, egy fényképet pedig alkalmazhatónak, ha:

- (a) a relatív eltérés a winsorizált becsült átlag és a valós érték közt $<10\%$ (jó), $<25\%$ (megfelelő), és
- (b) az egyes becslések tömegének relatív standard deviációja $CV_w \leq 0,30$.

Abban az esetben, ha az eredmények nem feleltek meg ezen feltételeknek, az adott fényképet nem tekintettem alkalmazhatónak.

3.3. Testtömeg mérésre alkalmas mérlegek kalibrálása

A mért testtömegek összehasonlíthatósága és a nemzetközi szabványok nyomkövethetősége érdekében, használatuk előtt valamennyi mérleget kalibrálni és hitelesíttetni szükséges. Amennyiben az élelmiszer-fogyasztási felmérésekhez használt testtömeg mérésére alkalmas mérlegekről leolvasott érték visszavezethető nemzetközi referenciaértékre, akkor nem szükséges ugyanazon típusú mérlegek használata. Az élelmiszer-fogyasztási felmérések gyakorlatában általában önkalibrációs funkcióval felszerelt 0,1 kg kijelzésű mérlegeket használnak a testtömeg

mérésére. Ezek magas ára jelentősen növelheti a széleskörű felmérések költségét. Ezért megvizsgáltam a kereskedelmi forgalomban kapható analóg és digitális fürdőszoba mérlegek pontosságát, a mérés reprodukálhatóságát annak eldöntésére, hogy megfelelő kalibrálás után alkalmazhatók-e az ilyen mérlegek az élelmiszer-fogyasztási felméréseknél testtömeg mérésére.

A mérlegek kalibrálására és az eredmények értékelésére kidolgoztam egy egyszerű eljárást, mely könnyen kivitelezhető az egészségügyi központokban, ahol egy, az Országos Mérésügyi Hivatal által akkreditált szervezet által a mérésügyi szabványoknak megfelelően kalibrált referenciamérleg rendelkezésre áll. Ilyen esetekben nincs szükség pontos referenciasúlyokra és gyakorlatilag a mérlegek teljes mérési tartománya kalibrálható.

Vizsgálataim során 4 mérleg kalibrálását végeztem el az MSZ EN ISO 9001:2009 előírásai szerint akkreditált mérés technikai cég által kalibrált referenciamérleg alkalmazásával. A kalibrálásban hét személy vett részt, önkéntes alapon. A kalibrált mérlegek kódját és jellemzőit a 10. táblázat tartalmazza.

10. táblázat: Kalibrált mérlegek kódja és jellemzői

Mérleg kódja	Mérleg leírása	Mérési tartomány (kg)
Referencia	Mérlegkaros	5-200
1	Digitális fürdőszoba mérleg	max. 120
2	Digitális fürdőszoba mérleg	max. 150
3	Analóg fürdőszoba mérleg	max. 120
4	Analóg fürdőszoba mérleg	max. 150

A mérésben résztvevő 7 személy a többi hat résztvevő testtömegét összesen 3-3 alkalommal mérte meg mérlegenként, vagyis a résztvevő személyek száma $P=7$, a tesztelt mérlegek száma $M=4$, egy személy által egy mérlegen végzett ismételt mérések száma $n=3$.

A méréseket a résztvevők véletlenszerű sorrendben, egymástól függetlenül végezték. A mért testtömegek a mérlegek mérési tartományába estek. A mért testtömegek leolvasását követően az értékeket előre elkészített táblázatban rögzítettem. A résztvevők normál ruházatot viseltek. A ruha levételére nem volt szükség a kalibráció elvégzéséhez.

Az egyes résztvevők testtömegének átlagát ($\bar{w}$) összesen 18 (3×6) független mérésből (w_i) kaptam, mérlegenként, az alábbi egyenlettel:

$$\bar{w} = \frac{1}{jn} \sum_{j=1}^6 \sum_{i=1}^n w_i \quad (17)$$

ahol w_i egy testtömeg-mérés leolvasott értéke, n a megismételt mérések száma egy résztvevőre, egy mérlegen (jelen eljárásban $n=3$), j azon csoporttagok száma, akik megmérték a többi résztvevő testtömegét (jelen eljárásban: $j=7-1=6$).

P_1 személy M_1 mérlegen 3-szor megmérve $w_{P_1M_1}$, $w_{P_2M_2}$, $w_{P_3M_3}$ mérési értéket adott, melynek átlagából ($\bar{w}_{P_1M_1}$) és szórásából ($SD_{P_1M_1}$) számoljuk az egyes résztvevők testtömegméréseinek relatív megismételhetőségét:

$$CV_{r,1,1} = \frac{SD_{P_1M_1}}{\bar{w}_{P_1M_1}} \quad (18)$$

Hasonlóan a négy (közel 148 kg-os személy esetében három) mérlegre jellemző átlagos ismételhetőséget a 6. egyenletek szerint számítjuk:

$$\overline{SD}_{P_1} = \sqrt{\frac{\sum VAR}{\text{mérlegek száma}}} \quad ; \quad \overline{CV}_r = \frac{\overline{SD}_{P_1}}{\bar{w}_{P_1}} \quad (19)$$

ahol a $\bar{w}_{P_1}$ a P_1 személy 4 mérlegen mért átlagos tömege.

P_1 tömeg mérésének reprodukálhatósága 4 mérlegen 6 személy által: $P \times M \times n = 6 \times 4 \times 3 = 72$ mérésből számolva:

$$CV_{\text{repr}P_1}' = CV_{\text{repr},P_1,M_1-6} = \frac{SD_{P_1M_1-6}}{\bar{w}_{P_1M_1-6}} \quad (20)$$

A mérés reprodukálhatósága a teljes mérési tartományban (a 45-148 kg mérési tartományban) 7 személynél 4 mérleggel $7 \times 4 \times 18 = 504$ mérés alapján:

$$\overline{CV}_{P_1-7;M_1-4} = \sqrt{\frac{df_{RP_1} CV_{\text{repr}RP_1}'^2 + df_{RP_2} CV_{\text{repr}RP_2}'^2 + \dots + df_{RP_7} CV_{\text{repr}RP_7}'^2}{\sum df_{P,M}}} \quad (21)$$

A $P_1 \dots P_7$ személyek $CV_{\text{repr}P_1}' \dots CV_{\text{repr}RP_7}'$ értékeihez tartozó szabadsági fokok száma attól függ, hogy hány mérlegen lehetett a testtömegüket megmérni.

3.4. Tömegegyenértékek meghatározásának módja

A képeskönyv validálási tapasztalatok alapján összesen 21 résztvevő bevonásával meghatároztam az 5 vizsgált ES étel hazai kereskedelmi forgalomban hozzáférhető alapanyagokból, hazai recept szerint készített „azonos” étel tömegegyenértékét.

A méréshez szükséges eszközök:

- 0,1g pontosságú mérleg (Sencor Kitchen Scale, Model: SKS 5305),
- ételek,
- tisztára mosott tányérok, evőeszközök,
- papír törülköző,

- előre elkészített jegyzőkönyv, golyóstoll,
- laptop EXCEL programmal.

A résztvevők a hazai vendéglátásban kapható alapanyagokból elkészített ételből az ES képeskönyvben szereplő vizsgált étel adott adagjával (w_k [g]) megítélésük szerint megegyező mennyiséget vettek ki előre lemért tányérra, majd 0,1 g pontossággal megmértem azok súlyát (w_h , [g]). A becslést végző személyek számának meghatározásakor szempont, hogy a mintaszám növelésével az átlagos percepció hiba minimálisra csökkenjen.

Az ismételt adagbecsléssel és méréssel kapott átlagos tömeg ($\bar{w}_h$), valamint a képhez rendelt étel tömegéből (w_k) számítottam a konverziós faktort:

$$\rho = \bar{w}_h / w_k \quad (22)$$

A képeskönyv alapján becsült fogyasztási adagok w_f valódi tömegét a:

$$w_f = w_k \times \rho \quad (23)$$

képlettel lehet kiszámítani.

3.5. A mennyiségi bizonytalanságbecslés összefüggései

Az étrendi becslés mennyiségi bizonytalanságának IEDI egyenlettel történő számítása az egyes tényezők egyedi bizonytalanságát magában foglalja, az eredmény kombinált bizonytalansága a hibaterjedés általános szabályai alapján számolható (Ellison & Williams 2012), az alábbi egyenletek szerint.

Az eredmény (Y) a mért mennyiségek összege:

$$Y = C_1 P \pm C_2 Q \pm C_3 R \dots \quad (24)$$

Az eredmény véletlen hibája:

$$SD_{(Y(x_{P,Q,R}))} = \sqrt{(C_1 \times SD_P)^2 + (C_2 \times SD_Q)^2 + (C_3 \times SD_R)^2} \quad (25)$$

ahol SD_P , SD_Q , SD_R a P, Q és R mérések szórása; C_1 , C_2 és C_3 konstansok.

Az eredményt szorzással vagy osztással kapjuk:

$$Y = \frac{k \times P}{Q \times R} \quad (26)$$

A P érték relatív standard deviációja (CV):

$$CV_P = \frac{SD_P}{P} \quad (27)$$

A számított Y érték relatív bizonytalansága:

$$CV_Y = \sqrt{(k \times CV_p)^2 + CV_Q^2 + CV_R^2} \quad (28)$$

A szórás számítása az eloszlás természetétől függ. A legegyszerűbb eset pl. az analitikai mérések bizonytalanságának becslése, melyek jó közelítéssel a normális eloszlást követik (THOMPSON és HOWARTH 1980). Az elemzések során ettől eltérő esetekben feltételezzük, hogy egy-egy érték előfordulása hasonló valószínűséggel jár, pl. amikor egy adott étel receptjét kiválasztjuk az internetről kigyűjtött listából. Tegyük fel, hogy pl. az almáspite (X) véletlenszerűen kiválasztott receptjeiben a liszttartalom 50-100 gramm közé esik egy adagra vonatkoztatva (átlag: 86,65, medián: 83,33). Ebben az esetben a szórást a különböző receptek liszttartalmának tartománya (minimum-maximum = 2a) alapján lehet becsülni. A szórás számítása (ELLISON és WILLIAMS 2012) az alábbiak szerint történik:

$$SD_x = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (29)$$

3.5.1. A szermaradék értékek kombinált bizonytalanságának számítása

A mért szermaradék értékek kombinált bizonytalansága (CV_R) több, az alábbiakban felsorolt tényezőből adódik:

- a mintavétel bizonytalansága (CV_S);
- a nagyméretű, ömlesztett laboratóriumi minta méretének csökkentése (CV_{SS});
- a minta feldolgozása (CV_{Sp}), a laboratóriumi minta aprítása, őrlése (homogenizálása), melyet követően a tesztadag elkülönítésre kerül az extrakcióhoz;
- az analízis véletlen hibája (CV_A), mely a visszanyerési vizsgálatok során mért szermaradék értékből kerül kiszámításra (AMBRUS 2004a).

A hibaterjedés általános törvénye alapján a mért szermaradék értékek kombinált bizonytalansága az alábbi egyenlettel fejezhető ki:

$$CV_R = \sqrt{CV_S^2 + CV_{SS}^2 + CV_{Sp}^2 + CV_A^2} \quad (30)$$

A folyamat végrehajtásától függően a komponensek részkomponensekre bonthatók. Mivel a mintavétel és a laboratóriumi vizsgálat térben és időben általában elkülönül egymástól, célszerű a mért érték kombinált bizonytalanságát a mintavételre és a laboratóriumi vizsgálatra bontani. Amennyiben a laboratóriumi fázis bizonytalansága

(CV_L) magába foglalja a mintaméret csökkentés és a mintafeldolgozás, valamint az analízis bizonytalanságát, a 30. egyenlet egyszerűbb formában adható meg:

$$CV_R = \sqrt{CV_S^2 + CV_L^2} \quad (31)$$

$$CV_L = \sqrt{CV_{SS}^2 + CV_{Sp}^2 + CV_A^2} \quad (32)$$

3.5.2. Az STMR és STMR-P értékek bizonytalanságának számítása

A figyelembe vett szerkísérleti adatsor mediánja, STMR érték, megbízhatóságát két forrásból származó bizonytalansági tényezők befolyásolják:

- szerkísérleti vizsgálatok száma;
- szermaradékok meghatározása.

A szerkísérleti vizsgálatok száma tekintetében a meghatározott felhasználási előírásoknak eleget tevő eljárással nyert szermaradékok jellemző adatsor egyetlen minta, ami tükrözi a kezelt területek közti variabilitást. A medián szermaradék bizonytalansága az adatsort kitevő szermaradék értékek számától függ. A 95%-os valószínűséggel a várható medián értékek tartományát határoló rangszámokat a szerkísérletekből származó minták számának a függvényében a 11. táblázat foglalja össze (DIEM és SELDRUP 1982).

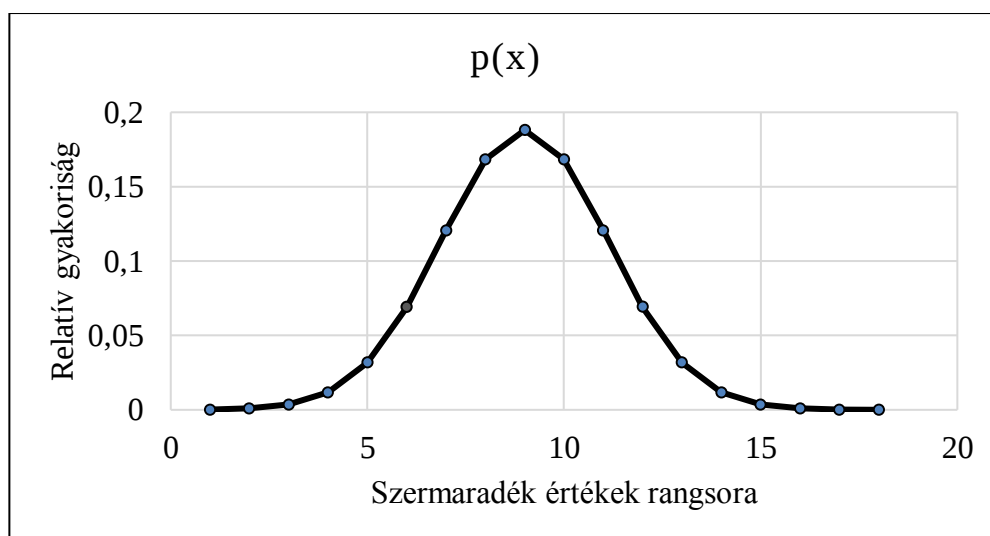
Hatnál kevesebb szermaradék adat esetén annak valószínűsége, hogy a szermaradék értékek magukban foglalják a valós medián értéket, csupán 80%-os valószínűséggel becsülhető. A táblázatból kiolvasható, hogy a leggyakrabban előforduló esetben, amikor 6-8 szerkísérletből származik az adatsor, a valós medián érték 0 és a maximum szermaradék érték közé esik, 10 szerkísérlet esetén a medián a 9. legmagasabb vagy az alatti szermaradék érték az esetek 95%-ban. Annak valószínűsége, hogy a medián pontosan megfelel az adatsor valamely értékének, értékenként eltérő.

A 9. ábra szemlélteti a medián szermaradék eloszlásának valószínűségét normál megközelítést alapul véve az USA-ban szamóca kezelésével végzett 18 szerkísérlet esetében (FAO 2011b).

11. táblázat: A 95%-os tartományba eső medián értékek rangsorai

Minták száma	Tartomány alsó határának rangsora	Tartomány felső határának rangsora
4	0	4*
5	0	5*
6	0	6
7	0	7
8	0	8
9	1	8
10	0	9
11	1	10
13	2	11
15	3	12
17	4	13
18	4	14
19	4	15
25	7	18
36	11	25

*: 80%-os valószínűséggel



9. ábra: Relatív gyakorisági eloszlás. A medián és a rangsorolt szermaradékok egyezőségének valószínűsége (legmagasabb szermaradék rangsora=1). A bifentrin szermaradékok 95%-os konfidencia intervalluma 0,36 mg/kg és 0,86 mg/kg a 12^{ik} és 5^{ik} rangszámok közé esik.

A szerkísérletekből származó szermaradék populáció kiválasztott percentilisének becsült szórása a binomiális eloszlás szórásának képletével számolható:

$$SD_p = \sqrt{N \times p \times q} \quad (33)$$

ahol, p a kiválasztott percentilis, $q=1-p$ és N az adatok száma. Medián esetében $p=q=0,5$. Az összefüggés $N \geq 20$ adat esetében pontos eredményt, kevesebb adat esetén közelítő értéket ad (DIEM és SELDRUP 1982). Az STMR érték közelítő relatív bizonytalansága (SD_{STMR}) – normál eloszlást feltételezve – a szermaradékok 95%-os tartományából ($R_{P0,975} - R_{P0,025}$) számolható:

$$SD_{STMR} = \frac{R_{P0,975} - R_{P0,025}}{2 \times 1,96} \quad (34)$$

$$CV_{STMR} = \frac{SD_{STMR}}{STMR} \quad (35)$$

Az STMR érték kombinált relatív bizonytalansága (CV_{komb}) a CV_{STMR} és szermaradék meghatározás bizonytalanságából (CV_R) (30. egyenlet) számolható:

$$CV_{komb} = \sqrt{CV_R^2 + CV_{STMR}^2} \quad (36)$$

3.5.3. Feldolgozásból származó bizonytalanság számítása

A feldolgozást számos tényező együttesen befolyásolja, ezért a feldolgozási faktorok változók. Reprezentatív vizsgálati körülmények között egy adott szermaradék-termény kombinációra meghatározott feldolgozási faktor előfordulása azonos valószínűségű. Következésképpen szórásuk (SD_{Pf}) egyenletes eloszlást feltételezve számolható (ELLISON és WILLIAMS 2012) a legnagyobb és legkisebb P_f értékek különbségéből az alábbiak szerint:

$$SD_{Pf} = \frac{P_{fmax} - P_{fmin}}{2 \times \sqrt{3}} \quad (37)$$

Minden egyes feldolgozási kísérletben kapott adatsor a feldolgozási faktorok ismeretlen valós értékei egy-egy becslésének tekinthető. A P_f bizonytalanságát célszerűen a relatív standard deviációjával fejezhető ki:

$$CV_{Pf} = \frac{SD_{Pf}}{M_{Pf}} \quad (38)$$

ahol az SD_{Pf} értékét a 37. egyenlettel számítjuk, az M_{Pf} pedig az egyedi feldolgozási faktorok mediánja, mint az átlag robusztus becslője.

Gyakran előfordul, hogy a feldolgozott termékben a kimutatási határnál kisebb (<LOQ) szermaradék található, melynek egyik oka az lehet, hogy a kiindulási

nyerstermék szermaradék tartalma alacsony. A $P_f < X$ esetekben $M_{Pf} = X$ értékkel számolunk. A számítás részleteit a 12. táblázat tartalmazza.

A novaluron medián feldolgozási faktora $<0,01$ ami nem jellemző, ezért az összevont relatív szórás számítása nem tartalmazza ($CV_{Pf \text{ összevont}} = 0,399$). Az összevont CV, melyet a 28. egyenlettel az egyes kombinációk CV értékéből számolunk, legjobb becslésként használható a feldolgozási faktor bizonytalanságának számításakor, mivel az élelmiszer-fogyasztási felmérésekben a feldolgozási eljárásra vonatkozó információ nem áll rendelkezésre. Az összevont CV_{Pf} számításához a releváns feldolgozási faktorokra vonatkozó adatsorok körültekintő kiválasztása elengedhetetlen. Esetenként a szermaradék definíció különböző vízőldékonyságú és P_{ow} értékű metabolitokat tartalmaz. Ilyenkor az eredmények kiterjesztésekor egyik terményről a másikra különleges figyelmet és a rendelkezésre álló információk óvatos értékelését teszi szükségessé. Ellenkező esetben hibás eredmények keletkezhetnek.

12. táblázat: Alma-gyümölcsle készítés jellemző relatív bizonytalanságának számítása^{1*}

Szermaradék	Feldolgozási faktor			Adatok száma	SD _{Pf}	CV _{Pf}
	Min.	Max.	Medián			
kaptán ²	0,27	1,05	0,68	9	0,2252	0,331
kaptán ³	0,02	0,83	<0,50	9	0,2338	0,468
novaluron	0,003	0,091	<0,010	6	0,0254	2,540 ⁴
trifloxistrobin	0,06	0,29	0,10	6	0,0664	0,664
tebufenpirád	0,63	1	<0,71	6	0,1068	0,150
CV _{Pf összevont}						0,399

Magyarázat:

¹ A táblázat kerekített értékeket tartalmaz.

* A táblázatban szereplő Pf értékek OECD forrásból származnak, melyek alapját képezik a CV_{Pf} értékek számításának.

² Tisztítatlan gyümölcsle.

³ Tisztítatlan és pasztörizált gyümölcsle.

⁴ Nem jellemző érték nagyon alacsony medián $P_f < 0,01$, ezért a számítás nem tartalmazza.

A gabonaszemek őrlési technológiáját befolyásolja az, hogy milyen őrlési frakciók elérése a cél, a kihozatal a gabonaszemek minőségétől is függ. Az őrlött termékek jellemző kihozatali tényezőit, tisztított, száraz gabonaszemekből, a 13. táblázat foglalja össze.

13. táblázat: Örölt termékek jellemző kihozatali tényezői (LAKATOS 2013)

Termék	Búzaszem százalékos aránya a feldolgozott termékben
Liszt, teljes kiőrlésű	100
Liszt, Graham	100
Liszt, barna	90
Liszt, kenyérhez	81,5
Liszt, finom	76
Liszt, süteményhez	8-15
Korpa	10-15

Magyarázat:

¹: A Graham liszt is teljes kiőrlésű liszt, annál kissé durvább szemcsézetű.

3.5.4. Ehető hányad szermaradék tartalmának bizonytalansága számítása

A fogyasztói expozíció számításakor a kockázatbecslés céljára meghatározott szermaradéknak a nyerstermék ehető hányadában előforduló szermaradék koncentrációt kell figyelembe venni. A szermaradék definíció megadja, hogy adott célra (kockázatbecsléshez vagy az MRL-nek való megfelelés ellenőrzéséhez) a szermaradék koncentrációban mely vegyületeket kell figyelembe venni. A kockázatbecsléshez figyelembe veendő szermaradék komponensek esetenként eltérhetnek az MRL megfelelés ellenőrzésére szolgálóktól. A különböző termék-szermaradék kombinációk értékelése eseti elbírálást tesz szükségessé.

Az élelmiszer-fogyasztási felmérések elsődleges információi az elfogyasztott készétel mennyiségére vonatkoznak, és ezek összetevőkben történő kifejezéséhez figyelembe kell venni az ételek receptjét, a zöldségek-gyümölcsök ehető hányadát, főzési veszteségét stb. Ezek a konverziók általában a nemzeti fogyasztási felmérések szintjén történnek, ún. konverziós (recept) adatbázisok felhasználásával, melyek segítik az összetett élelmiszerek alkotóelemeikre történő visszabontását. A zöldségek-gyümölcsök ehető hányada azért is fontos információ, mivel a szermaradék mérések általában egész terményre történnek, de a fogyasztói expozíció számításánál csak az ehető hányadot vesszük figyelembe. Ezt megfelelő faktorok (ehető hányad) alkalmazásával korrigálni kell a számításokban.

A legegyszerűbb eset az, ha az étrendi beviteli becsléshez definiált szermaradékot a szerkísérletekben a termény ehető hányadában mérték. Ebben az esetben a mért szermaradék bizonytalansága a CV_R -nél megadott módon számolható. Különös figyelmet olyan esetek igényelnek, amikor a szermaradék komponenseket külön

határozzák meg, mert ilyenkor a szermaradékok összegének szórását a komponensek vizsgálatkor meghatározott szórásokból a 25. egyenlettel kell számítani, majd a kombinált szórás és a mért szermaradékok, szükség szerint megfelelő faktoriall módosított, koncentrációjának az összege alapján kell számolni a CV_A -t. Az összes szermaradék komponens analitikai vizsgálatának bizonytalanságát tartalmazó CV_A alapján a 30. egyenlettel kiszámítható a CV_R .

Számos termény létezik, melyeket abban a formában fogyasztunk, amilyenben a szermaradék vizsgálat történt, pl. bogyós gyümölcsök, saláta stb. Máskor, pl. dinnyefélék, kiwi, magvas gyümölcsök esetében a termény bizonyos részeit fogyasztjuk el. A szermaradék extrapolációja a termény egészéről egy adott részére bizonyos esetekben lehetséges a metabolizmus vizsgálatok eredményeit figyelembe véve, elsősorban olyankor amikor a szermaradék egésze a felületen marad. Egyéb esetekben a bevitelbecslést az egész terményben mért szermaradék mennyiségével szükséges végezni, ami felülbecsléshez vezethet, melynek bizonytalansága nem számszerűsíthető (hiányzó ismeret vagy adat). Az egész termény szermaradéktartalma ugyanis többnyire magasabb, mint az ehető részben mért mennyiség.

3.5.5. Receptek variabilitásának bizonytalanság számítása

Ugyanazon étel elkészítéséhez számos különböző recept közül lehet válogatni. Az egy ételhez tartozó különböző receptekben a nyersanyagok típusa és aránya eltérhet, ami a relatív standard deviációval jellemezhető (CV_{cu}). A gyakorlott ételkészítők többnyire nem mérik le az egyes alapanyagokat, hanem saját ízlésüknek, gyakorlatuknak megfelelően adagolják azokat a kívánt állag eléréséhez. Az írott recepttől való eltérés akár a $\pm 30\%$ -ot is meghaladhatja.

Az összetevők (i) arányának várható variabilitása, figyelembevéve az ételkészítő saját ízlése szerinti módosítást, standard deviációval kifejezve, az alábbi egyenlettel számolható, feltételezve a rendelkezésre álló receptek azonos valószínűségű alkalmazását:

$$SD_{cu} = \frac{1,3 \times \max P_i - 0,7 \times \min P_i}{2 \times \sqrt{3}} \quad (39)$$

A szórásból (SD_{cu}) és az alapanyagok arányának (P_i) mediánjából ($\tilde{m}_{P_i}$) számolható a receptvariabilitáshoz köthető relatív standard deviáció (CV_{cu}):

$$CV_{cu} = \frac{SD_{cui}}{\tilde{m}_{P_i}} \quad (40)$$

Az arányok mediánja az átlag érték robusztus becslését reprezentálja, a relatív standard deviáció pedig a nyers alapanyagok különböző arányából adódó relatív bizonytalanságot.

3.5.6. Az elfogyasztott adagok felidézése bizonytalanságának számítása

A fogyasztott élelmiszerek visszaidézésében fontos szerepet játszó memória hatását célzó kutatások különböző módon számszerűsítik az eredményt. Az eredmények értékelése és összehasonlítása nehézkes, mivel a valós és becsült érték közti eltérések kifejezése különböző módszerekkel történt. Ezek közül a becsült tömegek variabilitására vonatkozó információk szolgáltatják a biztosabb alapot a kitettség becslés bizonytalanságának számításához.

A memória hatását vizsgáló kutatások többnyire nem közlik a bizonytalanságot jellemző relatív standard deviációt (CV_{di}), így ahol rendelkezésre állt a becsült adagnagyságok (P_k) szórására (SD_{di}) és átlag becsült tömegére ($\bar{x}_{di}$) vonatkozó információ, azt a következő egyenlettel számoltam:

$$CV_{di} = \frac{SD_{di}}{\bar{x}_{di}} \quad (41)$$

További bizonytalanságot eredményezhet, hogy az ezekben a kutatásokban vizsgált élelmiszerek nem önállóan, hanem egy élelmiszercsoport részeként kerültek feltüntetésre (pl. a húst és hústermékeket az állati termékek csoportja tartalmazza).

3.6. Az expozíció kombinált bizonytalanság számítás gyakorlati végrehajtása

A növényvédőszer-maradék expozíció bizonytalanságának becslésére kidolgozott eljárást egy 2x24-órás fogyasztási felmérésből származó élelmiszerek bifentrin növényvédőszer-expozícióval összefüggő determinisztikus kockázatbecslés példájával a 4.3. fejezetben ismertetem.

4. EREDMÉNYEK

4.1. A képeskönyv validálás eredményeinek értékelése

A képeskönyv validálási munkában a tesztelt ételek tömegbecslését összesen 62 személy végezte el. A memória alapú becslést 53 fő eredményei alapján értékeltem. Összesen 9 fő időhiány miatt nem fejezte be a validálás ezen szakaszát (14. táblázat). A korábbi képeskönyv validálásokat 20 (SUBAR et al. 2010) és 146 (OVASKAINEN et al. 2008) közti résztvevővel végezték hasonló statisztikai próbák alkalmazásával. Az alkalmazott statisztikai próbákat $n \geq 10$ adatsorokkal végezték, ami lehetővé teszi azok helyes értékelését (McDONALD 2014). Megállapítható, hogy a vizsgálatunknak megfelelő számú résztvevője volt ahhoz, hogy a valós és becsült adagok között statisztikailag szignifikáns eltérést meghatározhassam. Az életkor és nem tekintetében is tükröződik a hazai lakosság aránya, kivéve az idősök vonatkozásában, akik alulreprezentáltak voltak. A vizsgálatokban 10-64 év közötti személyek vettek részt. Mindebből feltételezhető, hogy a vizsgálatba bevont személyek percepció, illetve memóriához köthető adagbecslési képességei reprezentálják az átlag magyar lakosságot.

14. táblázat: A validálási vizsgálat résztvevőinek jellemzői

Korcsoportok (életkor) – percepció vizsgálat							
	Összes résztvevő		Fiatalok		Felnőttek		Idősek
	Férfiak (10-74)	Nők (11-57)	Férfiak (10-12)	Nők (11-14)	Férfiak (20-58)	Nők (20-57)	Férfiak
Résztvevők száma	27	35	13	18	13	17	1
Résztvétel százalékos aránya (%)	43,6	56,4	42	58	43,3	56,7	100
Életkor ¹ (éves)	25,96 ± 19,62	21,26 ± 13,81	11,54 ± 0,66	11,72 ± 0,8	36,69 ± 17,16	31,35 ± 13,94	74
Korcsoportok (életkor) – memória alapú vizsgálat							
	Férfiak (10-74)	Nők (11-57)	Férfiak (10-12)	Nők (11-14)	Férfiak (20-58)	Nők (20-57)	Férfiak
Résztvevők száma	24	29	13	17	10	12	1
Résztvétel százalékos aránya (%)	45	55	43,3	56,7	45,46	54,54	100
Életkor ¹ (éves)	26,67± 20,74	20,93± 14,60	11,54± 0,66	11,71± 0,77	41,60± 16,49	34± 14,96	74

¹ Átlag ± szórás

Az iskolai végzettség szerint a válaszokat nem értékeltük mert a válaszadók száma nem volt elegendő. A kérdés azért szerepelt a tesztlapon, hogy a beérkező válaszokból a validálásban résztvevő 5 országra vonatkozóan lehessen esetleg következtetést levonni. Kiderült, hogy a résztvevők többsége felsőfokú végzettséggel rendelkezett (70%). Egyéb ezirányú elemzés nem történt.

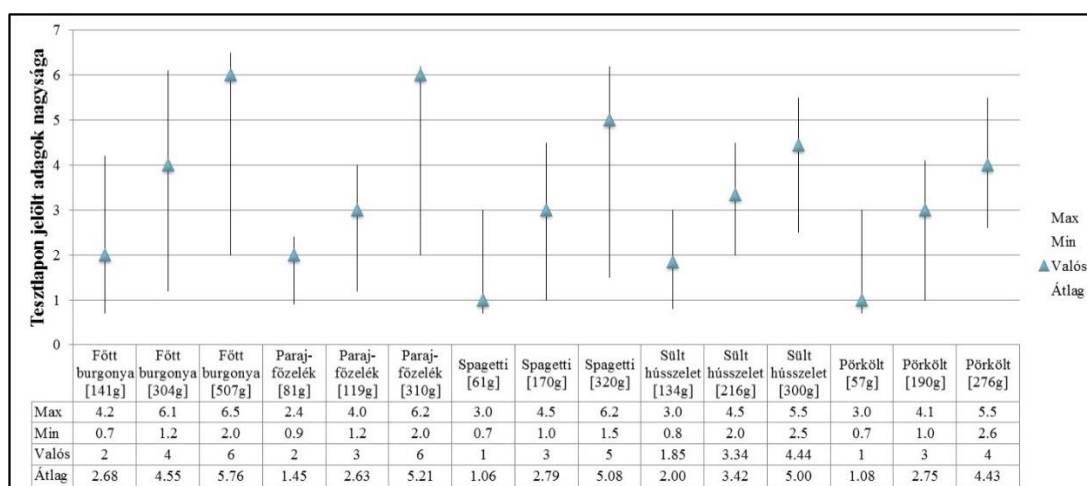
A kutatásban összesen hét étel fényképsorozatának validálását végeztük, azonban a gyümölcsös sütemény és a gomba esetében a fő nyersanyagok egyezősége mellett a bemutatásra került adagok alakja és térfogata nagymértékben eltért az ES képeskönyvben szereplő mintától, így ezt a két ételt végül kizártam a statisztikai elemzés köréből. A frissen készített főtt burgonyát friss petrezselyemmel tálaltuk, szemben a képeskönyvben szereplő képsorral, amin csak a főtt burgonya látható. A többi tesztelt étel fő nyersanyagaiban, alakjában megegyezett az ES képesalbum releváns fényképsorozatán látható ételekkel.

A percepció és memória alapú becslésnél ugyanazt az 5 ételt értékeltem. Kiválasztásukkor a hazai fogyasztási gyakoriság, illetve az EU tagországokban alkalmazott ország-specifikus képesalbumokban szereplő ételeket vettem figyelembe. Az alkalmazott módszerek vonatkozásában hiányzik a konszenzus a tekintetben, hogy miként történjen az adagbecslés pontosságának becslése és a hibákat milyen módon fejezzék ki. Elfogadható szintű pontosság a becsült adatok felhasználásától függ, vagyis fel kell tenni a kérdést, hogy az adatokat a lakosság tápláltsági monitoringja, betegség-megelőzés, kockázatbecslés stb. céljából használják (HERNANDEZ et al. 2006; NASKA et al. 2016). Kutatómunkámban a valós és becsült adagok közti különbséget tömegükkel jellemeztem, mivel ez a megközelítés pontosabb, mintha a becsléseket az adag-megfelelőség szempontjából értékeltem volna (a becsült adag nagysága megfelel a kiválasztott képeskönyvi adagnak, egy szomszédos adagnak vagy egy távoli adagnak). A tömegbecslések variabilitására vonatkozó információk kedvezőbb alapot szolgáltatnak a számított kitettség bizonytalanságának meghatározásához.

Az alá-, fölé- és pontosan becslők besorolását 10%-os hibahatár alkalmazásával FROBISHER és MAXWELL (2003) is alkalmazták, azonban ez a módszer túlságosan szigorú, a vizsgált étel típusától és célcsoporttól függően. Azon esetekben, amikor a fényképsorozat két szomszédos adagja közti tömegeltérés nagyobb, mint 10%, egy kisebb vagy nagyobb szomszédos adag választásával magas alá-, fölébecslés valósulna meg. LUCAS és munkatársai (1995) a valós és a becsült adagok tömegének 25% alatti eltérését pontosnak tekintették. Mivel kutatásom elsődleges célja volt, hogy az

expozícióbecsléshez szolgáltatson adatokat, továbbá az analitikai mérési eredményeknél (bizonytalansággal együtt) jellemzően $CV < 0,30$ relatív bizonytalansági értéket (FARKAS et al. 2015a) vesznek figyelembe, azokban az esetekben, amikor a $CV \leq 0,30$, illetve a valós és a becsült tömegek közti különbségek 0-10%, illetve 0-25% közé estek, az eredményeket jónak, illetve elfogadhatónak ítélték.

A percepciók képességet vizsgáló szakasz eredményei alapján megállapítottam, hogy a résztvevők a tesztlap teljes decimális skáláját alkalmazták, hogy a valós adagok tömegét a lehető legjobban megbecsüljék. A M3. melléklet összefoglalja a 170 g-os spagetti adag tömegbecslésének eredményeit. A bemutatott adag a képesalbum 3. adagjának felelt meg, amit a résztvevők az 1,0-4,5-ös adagokkal jellemeztek. A 10. ábra szemlélteti, a becsült adagok nagyságának tartományát, a minimum, maximum, átlag és valós értékekkel.



10. ábra: Becsült adagok nagyságának tartománya ételenként, adagonként

A 10. ábra mutatja, hogy a becslés tartománya az adag nagyságával növekszik, kivéve a főtt burgonya és pörkölt esetében. Általánosságban elmondható, hogy a kis adagokat fől-, a nagy adagokat alábecsülték a résztvevők (SZENCZI-CSEH et al. 2017).

4.1.1. Percepciók alapú adagbecslés eredményei

A vizsgálat során kapott becsléseket, valamint az egyéb adatokat az M4. mellékletben szereplő táblázat foglalja össze.

Az ételek három különböző nagyságú adagját külön elemezve megállapítottam, hogy a becslés hibája a spagetti nagy adagjánál volt a legkisebb (0,96%), míg a főtt burgonya kis adagjánál (39,15%) a legnagyobb.

A kicsi, közepes és nagy adagok együttes értékelésekor a becslés hibájának átlaga a sült hússzeletnél (-0,37%), spagettinél (-1,22%) és pörköltnél (8,73%) bizonyult a legkisebbnek. Valamennyi résztvevő becslését figyelembe véve, a WSRT próba nem jelzett szignifikáns eltérést a valós és becsült tömegek között, a spagetti adagok esetében. A többi ételnél, egy vagy több adagnál szignifikáns eltérést állapítottam meg. A főtt burgonya mindhárom adagját fölébecsülték (17,55%), a parajfőzelék mindhárom adagját pedig alábecsülték a résztvevők (-19,4%). Ezeket a hibákat torzult vizuális percepció (LUCAS et al. 1995, KEYZER et al. 2011) okozhatta. Esetünkben a tányérra kimért burgonya adagok kisebb, de több burgonyakockából álltak, mint a fényképsorozaton szereplők, ami hozzájárulhatott a fölébecsléshez. Sült hússzelet és a pörkölt esetében vegyes eredményeket kaptam, azaz adagtól függően az alá- és fölébecslés egyaránt megállapítható volt. Az eredmények alapján megállapítottam, hogy a kimért adagok alá- és fölébecslésének gyakorisága hasonló. A kis adagok fölé, a nagy adagok alábecslése az alkalmazott értékelő tesztlap behatárolt skálájával (például 0,5-6,5) magyarázható, ami korábbi eredményekkel egybevág (FAGGIANO et al. 1992, NELSON et al. 1994, LUCAS et al. 1995, NASKA et al. 2016). Az ételmiszer-fogyasztási felmérések során előforduló hasonló esetekben fontos szerepe van a kikérdezést végző személynek, aki célzott támogató kérdésekkel segítheti a kikérdezett személyt a válaszadásban.

A disszertációm 3.2.5. részében leírt elfogadási kritériumaink alapján a becsléseket jónak tekintettem a főtt burgonya nagy adagja, a spagetti összes adagja és a sült hússzelet közepes adagja esetében. Azokban az esetekben, ahol a relatív eltérés vagy a CV nem felelt meg a kritériumoknak, a kiugró értékek esetleges hatását winsorizálással csökkenteni próbáltam. A képek alkalmazhatóságára vonatkozóan a winsorizálást követően vontam le végső következtetést. A winsorizálást követően a pörkölt kis adagjának becsült értékei elfogadhatóvá váltak, a főtt burgonya kis adagjának becsült értékei azonban továbbra sem, így a releváns ES képet nem találtam alkalmazhatónak. A főtt burgonya közepes és nagy adagjai elfogadhatónak, illetve jónak bizonyultak. Az összes többi esetben a winsorizálás nem változtatott az eredményeken és a WSRT próba kimenetelére nem volt hatással. A fényképsorozat jövőbeni felmérésekben történő használata előtt érdemes a képeskönyvben feltüntetett adagokat a célcsoport által jellemzően fogyasztott adagok méretéhez igazítani.

A KW próba alkalmazásával nem-specifikus szignifikáns eltérést állapítottam meg a parajfőzelék kis és közepes adagjai, illetve a pörkölt kis adagja vonatkozásában. Életkor-specifikus szignifikáns eltérés a sült hússzelet kis adagja, valamint a spagetti kis adagja esetében fordult elő. Ezek az eredmények is egybevágóak korábbi kutatások következtetésével, miszerint a nem és életkor hatással bírhatnak a becslés kimenetére (NELSON et al. 1994, 1996, OVASKAINEN et al. 2008, NASKA et al. 2016).

A becslés hibájának iránya és aránya (SZENCZI-CSEH et al. 2017) korábbi kutatások eredményeivel egybevágott (NELSON et al. 1996, VENTER et al. 2000, FOSTER et al. 2006, HERNANDEZ et al. 2006, SUBAR et al. 2010, TROLLE et al. 2013, AMOUGOU et al. 2016, NASKA et al. 2016).

4.1.2. Memória alapú adagbecslés eredményei

A memória módszerrel történő becsléskor kapott, az ételek kimért és becsült tömege közti relatív eltéréseket az M5. melléklet foglalja össze. A relatív eltérés 5,8% (parajfőzelék) és 60,7% (főtt burgonya) között változott. Az összes résztvevő becslését együttesen elemezve nem állapítottam meg alábecslést (SZENCZI-CSEH et al. 2017).

4.1.3. A percepció és memória alapú adagbecslés eredményeinek összehasonlítása

A fénypéksorozat alkalmazhatóságának validálása mellett a vizsgálat célja volt, hogy a képeskönyvvel támogatott adagbecslés hibáinak mértékét, illetve irányát azonosítsam, mind a percepció, mind a memória alapú módszer esetében. A percepció és memória alapú becslés eredményeit összehasonlítva (15. táblázat) egyértelmű, hogy – az előzetes feltételezésnek megfelelően – a becslés hibája idővel nő, ami már 1-2 órás eltérés esetén is megfigyelhető (akár 61%). A kapott eredmények legjobbként kezelhetők, mivel az étel fogyasztása és a kikérdezés időpontja között rendszerint több idő (legalább 24-36 óra) telik el, mint jelen vizsgálatban, ami tovább torzíthatja az eredményeket. A memória alapú becsléseknél alábecslést nem tapasztaltam, a becslések variabilitása pedig nagyobb volt, mint a percepció becslések esetében (SZENCZI-CSEH et al. 2017).

15. táblázat: A percepció és memória alapú adagbecslések variabilitása

Étel	Adag nagysága	Percepció (n=62)				Memória (n=53)	
		Δ % ¹	CV ²	Δ % ¹	CV ²	$\bar{\Delta}_{\text{irel}}$ (%)	CV _{ir} ³
Főtt burgonya	kis	39,15	0,32	8,73	0,25	60,7	0,55
	közepes	18,63	0,25				
	nagy	-5,12	0,19				
Parajfőzelék	kis	-21,80	0,26	-19,40	0,31	5,8	0,51
	közepes	-15,86	0,33				
	nagy	-20,55	0,34				
Spagetti	kis	2,51	0,30	-1,22	0,25	17,2	0,37
	közepes	-7,12	0,29				
	nagy	0,96	0,17				
Sült hússzelet	kis	-9,44	0,27	-0,37	0,24	17,2	0,24
	közepes	2,59	0,25				
	nagy	5,74	0,19				
Pörkölt	kis	14,81	0,36	17,55	0,28	15,8	0,37
	közepes	-12,54	0,27				
	nagy	23,91	0,22				

Magyarázat:

¹ relatív eltérés [%] = (valós tömeg-becsült tömeg átlaga) / valós tömeg

² CV=SD/átlag

$\bar{\Delta}_{\text{irel}}$: átlag relatív eltérés, 13. egyenlettel számolva

³ CV_{ir} 15. egyenlettel számolva

4.1.4. Tömegegyenértékek meghatározása

A validálás során tömegre azonos mennyiség kimérése rámutatott arra, hogy ugyanazon tömegű azonos ételek ránézésre kisebb vagy nagyobb adagot eredményezhetnek, mint ami a tesztelt képeskönyvben szerepel. Ez az eltérő konyhatechnológiával, tálalásbeli eltérésekkel, valamint ugyanazon alapanyag különböző fajtájából adódó eltérő térfogattömeggel magyarázható. A validálási eljárás keretében meghatároztam a vizsgált ételek tömegegyenértékét is. A 16. táblázat tartalmazza ételenként az ES adagok eredeti tömegét, a kinézetre azonos mennyiségű becsült, tányérra kivett adagok mért tömegét, valamint a 3.4. részben található 22. egyenlettel számított konverziós faktort.

Az eredmények alátámasztják annak fontosságát, hogy a képesalbum fényképsorozatain szereplő ételekkel egyező ételek adagbecslése esetében is számolni kell térfogattömeg különbségekkel. A nemzeti ételmiszer-fogyasztási felmérések

során alkalmazott nemzetközi képesalbum segítségével becsült adagok valós tömegének meghatározása pontosabban végezhető a tömegegyenérték ismeretében. Ezen részterület további kutatómunkát igényel.

16. táblázat: ES képesalbum adagjainak tömegekvivalens számítása

Étel megnevezése	Főtt burgonya	Paraj-főzelék	Sertéspörkölt	Spagetti	Sült hússzelet
ES alapján kimért adag sorszáma	2	4	4	5	2
Adott ES sorszámmal tartozó tömeg (g)	141	243	276	320	132
Átlag	271,68	265,11	292,72	228,52	129,77
Szórás	64,68	43,07	94,76	45,14	34,18
CV	0,24	0,16	0,32	0,20	0,26
Medián	266,0	271,0	276,0	240,0	111,0
Min.	112,6	161,0	57,0	127,6	89,0
Max.	456,0	319,1	469,7	317,0	203,8
Konverziós faktor	1,93	1,09	1,06	0,71	0,98

Magyarázat:

ES: EPIC-SOFT;

Min.: legkisebb becsült tömeg;

Max.: legnagyobb becsült érték.

4.2. Mérlegkalibráció

4.2.1. A testtömegmérések relatív hibája

Egy személyt minden mérleggel 3-szor mértek meg az egyes résztvevők, vagyis egy személyre egy mérleggel $6 \times 3 = 18$ tömegadatot kaptam. Ezek átlagát és relatív eltérését a referenciamérleggel végzett mérés során kapott tömegtől a 17. táblázat mutatja. A táblázatban feltüntettem a relatív különbségek négyzetének összegét a kalibráció előtt (SSQ_w) és után (SSQ_w), valamint a hányadosukat ($SSQ_w/SSQ_w = SSQ_{w/w}$).

17. táblázat: A mérlegkalibráció eredménye

Kód ⁺	Kalibrálás előtti relatív különbség* $\times 10^{+3}$				Kalibrálás utáni relatív különbség* $\times 10^{+3}$			
	1	2	3	4	1	2	3	4
I	4,89	7,55	-15,8	-31,3	-2,27	2,24	3,60	-3,37
II	6,29	6,29	-14,5	-25,8	-0,67	5,45	3,37	-3,60
III	4,57	5,96	-1,07	-22,6	-2,21	6,55	5,71	-2,99
IV	6,92	3,70	-20,6	-30,9	0,73	-8,55	-8,73	-2,08
V	6,26	6,68	-13,6	-20,3	0,43	-2,03	-4,50	2,75
VI	6,85	0,92	-2,76	-11,4	1,61	1,12	1,74	0,06
VII	4,06	-2,43		-4,87	-0,63	0,20		-0,40
SSQ _w	0,24	0,2	1,19	3,68	0,01	0,05	0,16	0,16
SSQ _{w/w}	0,06	0,23	0,13	0,04				

Magyarázat:

⁺: Vizsgálatban megmért személyek azonosító kódja (I-VII).

* Referenciamérleggel és tesztelt mérlegekkel mért tömegek közti relatív különbség.

1-4: Tesztelt mérlegek kódja.

SSQ_w: Kalibrálás előtti relatív eltérések négyzetének összege.

SSQ_w: Kalibrálás utáni relatív eltérések négyzetének összege.

SSQ_w/SSQ_w: Kalibrálás utáni és kalibrálás előtti relatív eltérések négyzetének összegének hányadosa.

4.2.2. A testtömeg-mérések megismételhetősége és reprodukálhatósága

A testtömeg-mérések megismételhetőségét ($\overline{CV_r}\%$) a 19. egyenlettel határoztam meg, az eredményeket a 17. táblázat tartalmazza.

17. táblázat: A különböző mérlegekkel történt mérések megismételhetősége

Átlag	$\overline{CV_r}\%$
Referencia	0,22
1	0,07
2	0,08
3	0,40
4	0,37

A mérések reprodukálhatóságát ($CV_{repr}\%$) az egyes személyekre a 20. egyenlettel, míg a teljes mérési tartományban 4 (>120 kg esetén 3) mérleggel végzett mérésekre ($\overline{CV_{repr}}$) a 21. egyenlettel számoltam. Az eredményeket a 18. táblázat tartalmazza.

18. táblázat: A mérések reprodukálhatósága

Kód ⁺	VAR ₁ *	VAR ₂ *	VAR ₃ *	VAR ₄ *	ΣVAR	Átlag szórás	Átlag tömeg	CV _{repr} %	df
I	1,26x10 ⁻²⁹	1,26x10 ⁻²⁹	4,67x10 ⁻²	4,39x10 ⁻²	0,09	0,15	44,79	0,336	3
II	1,26x10 ⁻²⁹	0	6,06x10 ⁻²	3,28x10 ⁻²	0,09	0,15	47,48	0,322	3
III	5,0x10 ⁻³	3,79x10 ⁻²⁹	2,78x10 ⁻³	1,89x10 ⁻²	0,03	0,08	50,17	0,163	3
IV	3,79x10 ⁻²⁹	2,52x10 ⁻²⁹	6,33x10 ⁻²	4,56x10 ⁻²	0,11	0,16	61,76	0,267	3
V	5,56 x10 ⁻⁴	5,00x10 ⁻³	5,56x10 ⁻⁴	8,61x10 ⁻²	0,09	0,15	71,62	0,212	3
VI	6,6x10 ⁻³	5,56x10 ⁻⁴	2,55x10 ⁻¹	3,97x10 ⁻¹	0,66	0,41	97,66	0,416	3
VII	1,07x10 ⁻²	6,72x10 ⁻²		5,02x10 ⁻¹	0,58	0,44	147,81	0,298	2
							CV _{repr}	0,298	20

Magyarázat:

⁺: Vizsgálatban megmért személyek azonosító kódja (I-VII).

* 3-3 mérés varianciájának összege az egyes mérlegeken (1-4).

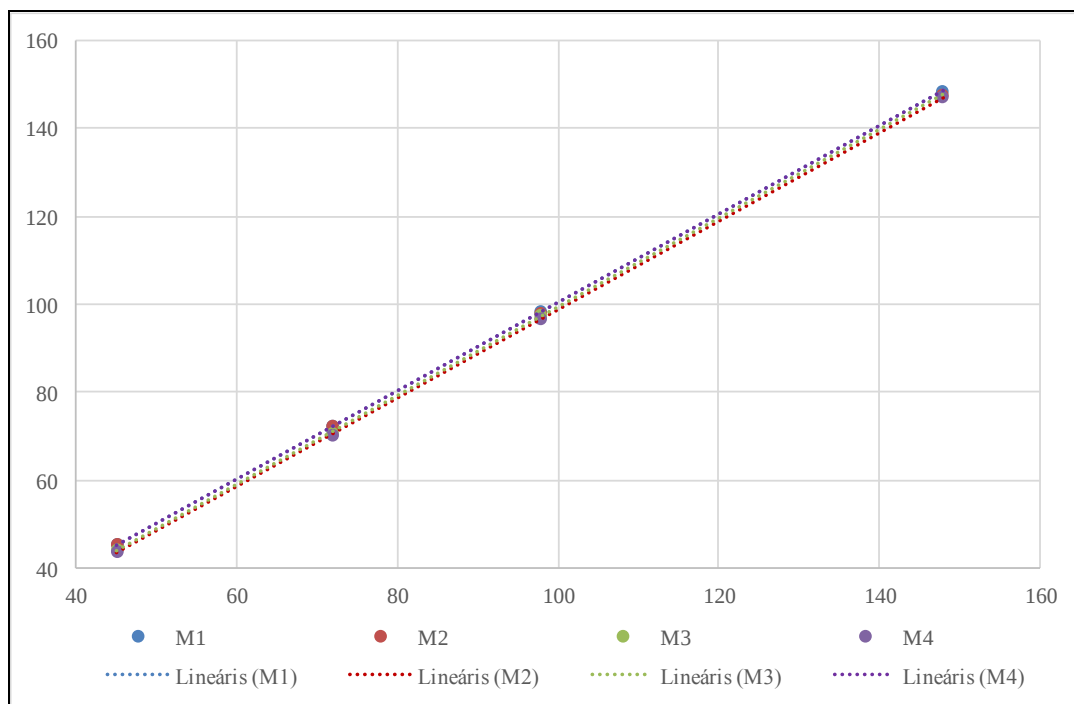
df: Szabadsági fokok száma.

4.2.3. Mérlegek linearitásvizsgálata

A mért testtömegek átlagait a referenciamérleggel mért ugyanazon tömegek függvényében ábrázoltam. A tesztelt mérlegekre kapott regressziós egyenleteket $(\overline{w}) = bM_{\text{ref}} + a$ a 19. táblázat tartalmazza. A vizsgált mérlegek kalibrációs egyenesei gyakorlatilag átfedik egymást (11. ábra).

19. táblázat: A tesztelt tömegek lineáris regressziós egyenleteinek paraméterei

Mérlegek	b	a	R ²
1	1,0036	0,1604	1
2	0,9923	0,8372	1
3	1,0082	-1,2428	0,9999
4	1,0074	-1,8447	1



11. ábra: Az M1-M4 mérlegekkel kapott kalibrációs egyenesek

4.2.4. Mérlegkalibráció eredményeinek összefoglalása

A mérlegek kalibrálását a mérési tartományt átfedő négy résztvevő (I: 45,03 kg; V: 71,84 kg; VI: 97,75 kg, VII: 147,93 kg) testtömegével végeztem, feltételezve azt, hogy a hitelesített referenciamérleggel (M_{ref}) mért tömegek pontosak. A mért átlag testtömegek alapján ($\bar{w}$) lineáris regressziós egyenletek paramétereivel számoltam a becsült tömegeket (W'):

$$W' = \frac{\bar{w} - a}{b} \quad (42)$$

A kalibráció előtt és után becsült tömegeket és azok referenciatömegtől való relatív eltérését, illetve a relatív eltérések négyzetének összegét, valamint a kalibráció előtti és utáni négyzet összegek arányát a 17. táblázat tartalmazza. A relatív eltérések négyzet összegének összehasonlítása, főként az arányuk alapján megállapítható, hogy ($SSQ_{W'} \ll SSQ_w$) a mérlegkalibráció jelentősen javítja a testtömeg-mérés pontosságát, ezáltal a kereskedelmi forgalomban kapható fürdőszobai mérlegek kalibrálást követően hasonló eredményt adtak, mint a referenciamérleg. A testtömeg-mérések a helyesen kalibrált digitális mérlegek esetében 0,5%-os pontossággal, analóg mérlegeknél 1%-os pontossággal végezhetők, következésképpen a fogyasztási felmérésekben történő testtömeg-mérésre alkalmasak.

A vizsgált fürdőszoba mérlegek linearitása nagyon jó eredményt adott ($R^2 \geq 0,9999$). A megismételhetőség variabilitásának fő forrása a mért személy, mérlegen történő elhelyezkedése, ezért javasolható, hogy a méréseket 3-szor ismételjék meg, melynek során meg kell kérni a vizsgált személyt, hogy húzza ki magát és a megfelelő helyre álljon a mérlegen. A mérések CV_r -je a 14-éves személynél hasonló volt a felnőttekéhez, szignifikáns különbség nem volt megállapítható. A 4 mérleg kalibrációja 1,5 órát vett igénybe.

4.3. Élelmiszerfogyasztásból származó bifentrin expozíció kombinált bizonytalanságának becslése

A növényvédőszer expozíció bizonytalanságának becslési folyamatát egy gyakorlati példán keresztül mutatom be. A számításhoz egy 2×24 órás felmérésnél kapott fogyasztási adatokat és az elfogyasztott élelmiszerekben várható bifentrin növényvédőszer-maradék koncentrációkat használtam.

4.3.1. A bizonytalanságok forrásainak számbavétele

Az expozíció számításakor sorra vettem és számszerűsítettem a folyamat potenciális bizonytalansági forrásait (AMBRUS és SZENCZI-CSEH 2017, SZENCZI-CSEH és AMBRUS 2017). Ennek eredményét a 20. táblázat foglalja össze.

20. táblázat: Bifentrin expozíció bizonytalansági forrásai (SZENCZI-CSEH és AMBRUS 2017)

Becslés beviteli adat	Bizonytalanság forrása/típusa	Jellemzés
Fogyasztott élelmiszer bizonytalansága		
Fogyasztott élelmiszer típusa és mennyisége	Fogyasztott élelmiszer típusának és mennyiségének memória alapú felidézése képeskönyv és kikérdező személy támogatásával.	A képeskönyv és a háztartási mérőeszközök alkalmazhatóságát validálni lehet. A memória alapú felidézéssel kapcsolatos vizsgálatok nem térnek ki minden élelmiszertípusra. A 24h és 3-4 napos memóriahatást vizsgáló

Becslés beviteli adat	Bizonytalanság forrása/típusa	Jellemzés
		kutatások kapcsán a becsült adag relatív bizonytalanságát jellemző relatív szórással (CV) kapcsolatos adatok a közzétett irodalmi adatokból részben számolhatók.
	Tág élelmiszerkategóriák és pontatlanul azonosított élelmiszertípusok.	Esetenként, a számszerűsített élelmiszer típusa nem derül ki egyértelműen a validálási jelentésből, pl. amikor a hús és húskészítmények állati eredetű terméként kerülnek csoportosításra. Tág élelmiszerkategóriák alkalmazása további bizonytalanságok forrását képezi. A hiányzó adatokat szakértői becsléssel lehet esetenként pótolni.
	Csak a felmérésben szereplő élelmiszerek fogyasztásának modellezése lehetséges.	A ritkán fogyasztott, emiatt alulreprezentált élelmiszerek tekintetében alábecslés előfordulhat (pl. mák).
	Régebbi élelmiszer-fogyasztási felmérések adatainak felhasználása.	Általában nem számottevő hatás (ZENTAI 2015b). A teljes lakosságra vonatkozó expozíciós következtetések levonása a fogyasztási adatok reprezentativitásának a függvénye.
	Résztvevők száma a felmérésekben.	A bizonytalanság a mintaszám függvénye.
	Vízfogyasztási adatok.	A víz élelmiszernek minősül. A vízben, növényi termékekhez viszonyítva alacsony a szermaradékok előfordulási gyakorisága és a koncentrációja.
	Fogyasztás viszonya a testtömeghez. Nemzetközi szinten egységes átlagos testtömeggel számolnak.	A nemzeti szintű fogyasztási felmérések adatbázisában e két jellemzőt összekapcsolják. A fogyasztás ttkg-ra vonatkoztatható, így ez a

Becslés beviteli adat	Bizonytalanság forrása/típusa	Jellemzés
		bizonytalansági forrás kiküszöbölődik.
Élelmiszer összetétele (konverziós faktorok)	Az ételek elkészítésekor egy gyakorlott személy többnyire nem méri le a felhasználásra kerülő alapanyagokat, hanem „érzés szerint” keveri össze azokat, hogy az adott ételnek megfelelő állagú végterméket kapjon. Az írott recepthez képest ez akár több, mint 30%-os eltérét is jelenthet.	A példában bemutatásra kerülő főbb ételek elkészítésre kerültek. Ugyanazon étel különböző receptváltozatainak összehasonlításával az összetevők variabilitását megbecsültem, a receptvariabilitásból adódó relatív bizonytalanságot számoltam.
	A pontos egyedi receptúrát a kikérdezett személy csak ritka esetben ismeri, illetve tudja felidézni.	A receptek egy standard recept-gyűjteményből származnak.
	Az elérhető receptek többsége a (tisztítatlan vagy tisztított) alapanyagok tömegét vagy térfogatát tartalmazza, azonban arra vonatkozó információt nem, hogy ezekből mennyi készétel készíthető. Ez az adat szükséges volna ahhoz, hogy a felmérésekben kapott fogyasztott mennyiségekből ki lehessen számolni, az alapanyagok tömegét.	Alternatív megközelítésként a BOGNÁR-féle kihozatali tényezőkkel (2002) vagy a tápanyagértékekkel (VÁSQUEZ-CAICEDO et al. 2008) lehet számolni.
F _{cl}	A készétel készítés folyamata összetett. A nyers alapanyagokat többnyire tisztítani szükséges, a nem ehető részeket el kell távolítani, majd az alapanyagokat fel kell dolgozni (pl. darálás, szeletelés). A nyersanyag és a tisztított nyersanyag közti szermaradék-változás jellemzéséhez további információ szükséges.	A receptek variabilitásának számítása a bemutatott példában tisztított alapanyagokkal történt. Itt meg kell jegyezni, hogy a tisztított termék nem feleltethető meg annak az alapanyagnak, melyben a szermaradék-kimutatás történt (CAC 1993). A receptek nem egységesek továbbá annak tekintetében, hogy milyen minőségű alapanyagot

Becslés beviteli adat	Bizonytalanság forrása/típusa	Jellemzés
		említenek, pl. nyers-tisztítatlan, nyers-tisztított vagy fagyasztott.
F_{cu}	Az élelmiszer-fogyasztási felmérésekből többnyire nem derül ki, hogy milyen feldolgozási művelet történt az ételkészítés során. A főzés, sütés, olajban sütés során az összetevők bizonyos része elpárologhat vagy felszívódhat. A tömegváltozást számos tényező befolyásolhatja, pl. az alapanyag jellemzői, az elkészítés során alkalmazott hőmérséklet, időtartam, eljárás mód, alkalmazott berendezés típusa.	Az ételkészítés során alkalmazott eljárástól függően az F_{cu} lényegesen változhat, alkalmazása receptszinten lehetséges. A bemutatott példában az F_{cu} variabilitását nem vettem figyelembe, tekintettel arra, hogy az ételek elkészítése méréssel összekötve történt.
Növényvédőszer-maradék koncentráció bizonytalansága		
Növényvédőszer-maradék tartalom	A szerkísérletek és/vagy a monitoring vizsgálatok eredményei használhatók. A rendelkezésre álló szermaradék-tartalom adatok bizonytalanságát az alábbiak befolyásolhatják: • szerkísérletek száma; • szermaradék-definíció; • mintavétel bizonytalansága; • analitikai vizsgálat bizonytalansága; • terménycsoportok közti extrapoláció bizonytalansága.	A becsült STMR értékek bizonytalansága nagy, a szerkísérletek számától függ (DIEM és SELDRUP 1982). A szermaradék-definíció bizonytalanságának hatását nehéz jellemezni, a metabolitá alakulás mértéke magas lehet, ill. a metabolit toxicitása eltérő lehet. Az EFSA a kockázatbecslési szermaradék definíció alkalmazását ajánlja, ill. konverziós faktort, ahol lehetséges. Eltérés esetén ideális esetben a laborok mindkét definíció szerint mérik a szermaradékot, a gyakorlatban azonban az MRL megfelelés az ellenőrzés célja, emiatt a szermaradék értékét az EFSA javaslata szerint kell lehetőleg

Becslés beviteli adat	Bizonytalanság forrása/típusa	Jellemzés
		korrigálni. A várható szermaradék egyik terménnyről a másakra extrapolálható (pl. búzáról rozsra és árpára).
P_f	Növényvédőszer-termény-feldolgozási mód kombinációjára gyakran semmiféle vagy csak nagyon kis számú feldolgozási kutatás eredménye áll rendelkezésre. A feldolgozási faktorokban tapasztalt (P_f) eltérések a különböző feldolgozási feltételekből és a nyersanyag mintavétel, illetve analitikai vizsgálat bizonytalanságából fakadhatnak. A feldolgozási faktor mediánjának bizonytalansága a vizsgálatok számától függően változik. Ötnél kevesebb vizsgálat esetén a P_f bizonytalansága a hiányos ismeretekből adódóan nagy.	A rendelkezésre álló összes releváns információt figyelembe vevő szakértői véleményen alapuló extrapoláció szükséges. Több feldolgozási faktor esetén a JMPR általában a medián érték alkalmazását javasolja. Ha az eltérés nagymértékű néhány kísérlet alapján, a legrosszabb esetet feltételezve a legmagasabb P_f értékkel számolnak. A P_f értékek tartománya jelzi a feldolgozás bizonytalanságát.
Alkalmazott kockázatbecslési modell bizonytalansága		
Testtömeg	Alapértelmezett (default) értékek alkalmazása.	Az EU felnőtt lakosság többségének testtömege meghaladja, a gyerekeké pedig alatta marad az alapértelmezett értékeknek (EFSA 2012) (gyerekkori elhízással nem számolva).
Tömegmérések	Az élelmiszer-fogyasztási felmérésekben alkalmazott testtömeg-mérésre használt mérlegek pontossága többnyire $\pm 0,1$ kg.	Átlagos fürdőszobai mérlegek használata elégséges volna.

4.3.2. Növényi termények és állati eredetű nyers élelmiszerek szermaradék tartalma relatív bizonytalanságának számítása

A kétnapos felmérés során fogyasztott élelmiszerekben vagy komponenseikben végzett szerkísérletek során mért bifentrin szermaradék értékeket, a számított STMR-t és 95%-os várható tartományát, valamint a 3.5.2 részben leírtak szerint saját munka részeként (AMBRUS és SZENCZI-CSEH 2017, SZENCZI-CSEH és AMBRUS 2017) számított STMR relatív bizonytalanságát a 21. táblázat tartalmazza (FAO 2011b, 2016).

21. táblázat: A bifentrin koncentráció eloszlása a szerkísérleti mintákban és az STMR számított bizonytalansága

Termény	Szerkísérletek száma	Szermaradékok [mg/kg]					CV _{STMR}
		Min.	STMR	HR	P0,025	P0,975	
Citrusfélék ¹	36	0,005	0,05	0,05	0,0082	0,05	0,213
Alma			0,1 ^a				NA
Banán, pép	9		0,01	0,01	0	0	
Bab, fejtett	7			<0,05	0	0	0
Áfonya ²	5	<0,05	0,29	0,51	0	0,51	0,676
Sárgarépa ³	10		0,05	0,05			NA
Padlizsán	6	<0,05	<0,05	0,1	0	0,1	0,769
Körte			0,1 ^a				NA
Borsó,	6	0,17	0,225	0,49	LOQ	LOQ ^b	0
héjában ⁴							
Kukorica	25		0	0			0
Mangó ⁵	4	0,066	0,14	0,23	LOQ	LOQ ^c	0
Hús (izom),			0,07	0,104			NA
emlősállatok							
Paprika	11	<0,055	0,14	0,31	<0,055	0,24	0,337
Paprika, chili,			1,4				0,337 ^d
szárított ⁶							
Burgonya	17		0,05	0,05	0	0	0
Repceolaj	6		0,05		0	<0,05	NA
Repcemagolaj,			0,08				NA
ehető							
Számóca	19	0,27	0,46	2,3	0,33	0,59	0,144
Paradicsom	7	0,03	0,06	0,15	0	0,15	0,638
Búza ⁷	13	0,19	0,25	0,40	0,2	0,28	0,082

Magyarázat:

NA: nincs megfelelő adat

*: Kimutatási határon vagy felett.

^a: Konzervatív becsléssel származtatva (EC 2002) almatermésűekre vonatkozó MRL=0,3 alapján.

^b: Szermaradék nem volt kimutatható a héj nélküli zsenge borsóban.

^c: Szermaradék nem volt kimutatható az ehető hányadban.

^d: Szárított chili paprika esetében a friss paprika minták szermaradék koncentrációjának variabilitását vették alapul.

¹: Tartalmazza: citrom, grépfruit és narancs.

²: Tartalmazza: málna, szeder.

³: Gyökérzöldségek csoportja; a csoport minden terményére alkalmazható szermaradék érték.

⁴: Lédús magokban szermaradék nem várható. Konzervatív becslésként LOQ=0,05 mg/kg értékkel számolva.

⁵: Egész gyümölcs; pép nem tartalmaz szermaradékot.

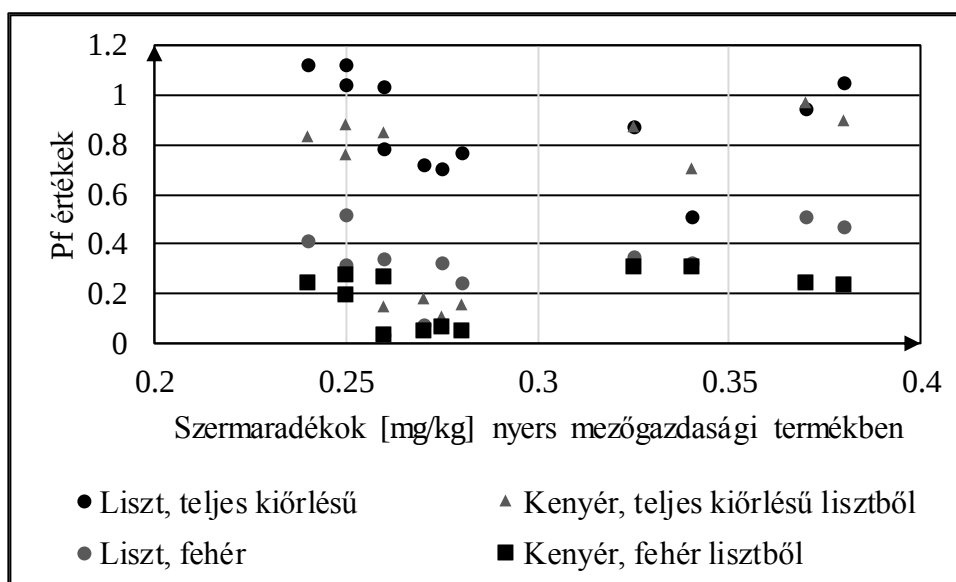
⁶: 10-es alapértelmezett faktorról számolva (FAO 2008).

⁷: Betakarítást követően kezelt.

Az expozíció számításánál a szervezetbe kerülő szermaradék mennyiségét (mg) a szerkísérletek eredményei alapján minden élelmiszer-komponensnél figyelembe vettem. A számított mennyiség bizonytalanságát az állati eredetű élelmiszerek vagy élelmiszer-alapanyagok esetében adathiány miatt nem tudtam számítani. Az utóbbi eset tipikus példája az információhiányból származó bizonytalanságnak.

4.3.3. Feldolgozott termékek szermaradék tartalma relatív bizonytalanságának számítása

A feldolgozott búza alapú termékek bifentrin koncentrációja az alkalmazott malomipari eljárástól és a végtermék arányától függ. A JMPR 2010. évi bifentrin szermaradék értékelése (FAO 2011b) összefoglalja számos feldolgozási kísérlet eredményét. A búzaszemekben és az azokból készült feldolgozott termékekben mérhető szermaradék koncentráció között közvetlen összefüggés nem mutatható ki (12. ábra). A feldolgozott termékben található szermaradékok eloszlása parametrikus függvénnel nem írható le. Következésképpen a szórás, ami a becsült feldolgozási faktor bizonytalanságának jelzője, a 29. egyenlettel számolható, a gyakorlatban ténylegesen alkalmazott feldolgozási eljárásokra vonatkozó információ hiányában azonos előfordulási valószínűséget feltételezve (AMBRUS és SZENCZI-CSEH 2017, SZENCZI-CSEH és AMBRUS 2017).



12. ábra: P_f értékek eloszlása a búzaszem (nyers mezőgazdasági termék) kezdeti bifentrin-koncentrációjának függvényében ábrázolva
(SZENCZI-CSEH és AMBRUS 2017)

A számításhoz alkalmazott fogyasztási adatokból származó kitettség becsléséhez szükséges feldolgozási faktorok jellemző értékeit a 22. táblázat tartalmazza. A medián érték bizonytalanságát kifejező szórást a 29. egyenlettel számítottam azokban az esetekben, amikor a feldolgozási kísérletek száma ≥ 22 . Egy-két kísérlet esetén, a feldolgozási faktorok variabilitását különböző termék-szermaradék kombinációk feldolgozásának JMPR értékelésére alapozva az $1,4P_{\text{fmax}} - 0,6P_{\text{fmin}}$ tartományból a 29. egyenlettel számított szórással jellemeztem (22. táblázat) (AMBRUS és SZENCZI-CSEH 2017, SZENCZI-CSEH és AMBRUS 2017). Ez utóbbi becslések azon bizonytalansági kategóriába tartoznak, melyek hiányos ismeretet tükröznek.

22. táblázat: Kiválasztott feldolgozási tényezők sztenderd és relatív bizonytalansága (AMBRUS és SZENCZI-CSEH 2017, SZENCZI-CSEH és AMBRUS 2017)

Termék	Kísérletek száma	Min-max P_f értékek	P_f^1	STMR-P mg/kg	SD_{P_f}	CV_{P_f}
Liszt, teljes kiőrlésű	30	0,29-1,1	0,765	0,19	0,228	0,306
Kenyer, teljes kiőrlésű lisztből	22	0,11-0,97	0,75	0,19	0,248	0,331
Liszt, fehér	22	0,038-0,52	0,31	0,078	0,139	0,449
Kenyer, fehér	22	0,04-0,31	0,245	0,061	0,078	0,318
Repceolaj	1		1,6	0,08	0,370	0,231
Paradicsom, sűrített	2	<0,63, <0,71	<0,67	0,04	0,178 ³	0,265 ³
Paradicsom, püré	2	<0,63, <0,71	<0,67	0,04	0,178 ³	0,265 ³
Chilipaprika, szárított			10	1,4 ²	2,309	0,231 ⁴

Magyarázat:

¹: Medián érték vagy legjobb becslés.

²: Alapértelmezett dehidratációs tényező (10) és paprika STMR (0,14 mg/kg) alapján (FAO 2016).

³: Pesszimista becslés alapján számolva (hiányzó ismeret vagy adat).

⁴: Becsült $P_f=10$ alapján számolva ($1,4P_{fmax}-0,6P_{fmin}$ és 29. egyenlettel).

4.3.4. Receptvariabilitás relatív bizonytalanságának számítása a napi fogyasztásban szereplő élelmiszereknél

Az interneten számtalan recept található szakácskönyvekből vagy egyéni receptgyűjteményekből. Ugyanazon étel elkészítéséhez számos receptvariáns létezik. Ugyanazon név alatt futó termékek elkészítésének módja, összetevőinek aránya különbözhet. A 23. táblázatban összehasonlítottam néhány véletlenszerűen kiválasztott receptvariánst. Az áttekinthetőség kedvéért a nyersanyagok (tisztított) tömegeit a recept összes alapanyagának együttes tömeghez viszonyított arányban tüntettem fel. Kizárólag azon összetevők kerültek feltüntetésre, melyek bifentrint tartalmazhatnak és hozzájárulhatnak a fogyasztók expozíciójához. A részarányok összege így <1 . A gyakorlott ételkészítők esetében az adott recepttől való eltérés akár a 30%-ot is meghaladhatja. Ők ugyanis többnyire nem mérik le az egyes alapanyagok tömegét, hanem „érzés” szerinti mennyiségben keverik össze azokat a kellő állag eléréséig, ezért a CV_{cu} értékét a 0,7 min – 1,3 max tartományból számoltam a 39. egyenlet szerint (SZENCZI-CSEH és AMBRUS 2017).

23. táblázat: A modellétrendben szereplő ételek receptvariánsai összetevőinek aránya^a és relatív bizonytalansága

Ételek	Összetevők	Recept 1	Recept 2	Recept 3	Recept 4	Recept 5	Medián	CV _{cu} ^b
1	Zöldborsó	0,896	0,748	0,382	0,611	0,447	0,611	0,424
	Liszt, fehér	0,036	0,045	0,021	0,037	0,027	0,036	0,350
	Tej	0,000	0,112	0,102	0,183	0,179	0,112	0,614
	Olaj	0,018	0,056	0,051	0,073	0,027	0,051	0,470
2	Sertéshús	0,355	0,480	0,682	0,819	0,683	0,681	0,345
	Vöröshagyma	0,309	0,104	0,095	0,089	0,223	0,104	0,940
	Paprika	0,012	0,021	0,088	0,027	0,023	0,023	1,36
	Pirospaprika, őrölt	0,015	0,004	0,000	0,000	0,007	0,004	1,39
	Paradicsom, nyers	0,013	0,024	0,060	0,031	0,025	0,025	0,773
3	Tojás	0,271	0,079	0,167	0,142	0,158	0,086	0,545
	Liszt, fehér	0,45	0,52	0,74	0,59	0,49	0,524	0,356
4	Tojás	0,098	0,089	0,166	0,171	0,179	0,166	0,296
	Olaj	0,000	0,016	0,000	0,000	0,005	0,0043 ^c	1,44 ^c
	Tej	0,489	0,662	0,416	0,513	0,478	0,489	0,336
	Liszt, fehér	0,245	0,222	0,277	0,256	0,239	0,245	0,24
5	Liszt, fehér ^d	0,447	0,511	0,372	0,414	0,483	0,45	0,261
	Alma ^e	0,877	0,919	0,760	0,905	0,931	0,905	0,223
6	Sertéshús	0,563	0,456	0,599	0,518	0,483	0,518	0,257
	Kenyér, fehér ^f	0,0806	0,104	0,0936	0,119	0,0615	0,0321	0,34
	Kenyér, fehér, morzsa ^g	0,099	0,201	0,121	0,184	0,061	0,121	0,520
	Pirospaprika, őrölt	0,015	0,004	0,002	0,005	0,015	0,0046	1,13

Magyarázat:

^a: Tisztított összetevők és a receptben szereplő nyers összetevők együttes tömegének relatív tömegaránya.

^b: $CV_{cu} = SD_{cu} / \text{medián}$. Az SD-t a 39. egyenlettel számoltam az egyes receptek azonos gyakoriságú alkalmazását feltételezve.

^c: Arányok átlaga; $CV_{cu} = SD_{cu} / \text{átlag}$; általánostól eltérő megközelítés, mivel a recepteknek csak egy része tartalmazott olaj összetevőt, amiből medián=0 következett.

^d: Liszt aránya a nyers tésztában.

^e: Alma aránya a töltelékben.

^f: Vízben áztatott, majd kézzel kinyomkodott friss kenyérnek megfelelő arány.

^g: Száritott kenyérmorzsa.

Ételek:

1. Zöldborsófőzelék
2. Sertéspörkölt
3. Galuska
4. Palacsinta
5. Almáspite
6. Fasírt (a receptben szereplő olaj nem került hozzáadásra a húshoz).

A receptvariánsok relatív bizonytalansága (CV_{cu}) a kiválasztott ételek esetében, véletlenszerűen kiválasztott receptek alapján 0,22 és 1,44 között változik.

4.3.5. Otthon készített ételek bifentrin koncentrációjának kombinált bizonytalanságának számítása

Kutatómunkám során a modellétrendben szereplő ételeket saját receptem szerint elkészítettem. A nyers alapanyagok és a késztermékek tömegét lemértem. A 24. táblázat tartalmazza a bifentrin szempontjából releváns összetevőket, a számított bifentrin koncentrációt (mg/kg) és a számított koncentrációk relatív bizonytalanságait (SZENCZI-CSEH és AMBRUS 2017). A készételben lévő szermaradék-koncentráció relatív bizonytalansága (CV_{res}) magában foglalja a mintavétel (CV_s), analitikai vizsgálatok (CV_L), a szerkísérleti adatok (CV_{STMR}), a receptvariánsok (CV_{cu}) és a feldolgozási faktorok (CV_{pf}) relatív bizonytalanságát.

24. táblázat: Otthon készített ételek összetételének bifentrin szermaradék-tartalma és számított bizonytalansága*

Ételmszer	Összetevők		Bifentrin			
		Tömeg (kg)	STMR, STMR-P (mg/kg)	mg ^a	mg/kg RTE ^b	CV_{res} ^c
1	Zöldborsó (tisztított) Liszt, fehér Összetevők összesen ^e Fogyasztható tömeg F_{cu}	0,90 0,010 1,93 1,72 0,89	0,05 0,078	$4,5 \times 10^{-2d}$ 8×10^{-4} $4,6 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-2}$	0,52
2	Sertéshús Vöröshagyma Paprika Piros paprika, őrölt Paradicsompüré Összetevők összesen Fogyasztható tömeg F_{cu}	1,77 0,60 0,06 0,015 0,022 2,768 2,470 0,892	$0,07^f$ 0 0,14 1,4 0,04	0,12 0 $8,4 \times 10^{-3}$ $2,1 \times 10^{-2}$ 9×10^{-4} 0,15	$6,2 \times 10^{-2}$	0,40
3	Teljes tojás Liszt, fehér Összetevők összesen Fogyasztható tömeg F_{cu}	0,220 1,0 2,020 2,410 1,19	0 0,078	0 $7,8 \times 10^{-2}$ $7,8 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-2}$	0,71
4	Teljes tojás Repceolaj Tej Liszt, fehér	0,140 0,180 0,370 0,410	0 0,08 0,053 0,078	0 $1,4 \times 10^{-2}$ $1,96 \times 10^{-2}$ $3,2 \times 10^{-2}$		

Élelmiszer	Összetevők		Bifentrin			
		Tömeg (kg)	STMR, STMR-P (mg/kg)	mg ^a	mg/kg RTE ^b	CV _{res} ^c
	Összetevők összesen	1,490		6,6x10 ⁻²		
	Sült palacsinta (16 db)	1,340			4,9x10 ⁻²	0,45
	F _{cu}	0,899				
	1db sült palacsinta tömege	0,084				
	Töltelék: számocalekvár 5 g/1db palacsinta	0,0055 ^g	0,46	2,5x10 ⁻³		
	1db töltött palacsinta tömege	0,089		6,7 x10 ⁻³	7,5x10 ⁻²	0,31
5	Alma, nyers	0,353	0,1	3,5x10 ⁻²		
	Liszt, fehér, búza	0,179	0,078	1,4x10 ⁻²		
	Tej	0,017	0,053	0,001		
	Összetevők összesen	0,744		0,05		
	Fogyasztható tömeg	0,671			7,5x10 ⁻²	0,29
	F _{cu}	0,902				
6	Sertéshús, darált	0,5	0,07	3,5x10 ⁻²		
	Kenyér, fehér	0,073	0,061	4,5x10 ⁻³		
	Kenyér, fehér, morzsa	0,045	0,061	2,7x10 ⁻³		
	Repceolaj	0,02	0,08	1,6x10 ⁻³		
	Pirospaprika, őrölt	0,016	1,4	2,2x10 ⁻²		
	Összetevők összesen	0,857		6,6 x10 ⁻²		
	Fogyasztható tömeg	0,633 ^h			0,105	0,51
	F _{cu}	0,739				

Magyarázat: * A táblázat kerekített értékeket tartalmaz, azonban a számítás kerekítés nélkül történt.

^a: A szerkísérletekből származó medián szermaradékból és az összetevők tömegéből számolva.

^b: Bifentrin-koncentráció (mg/kg) számítása a szermaradékok összegéből (mg) és a fogyasztható étel tömegéből (kg). ^c: Fogyasztásra kész élelmiszerben található szermaradék-koncentrációjának relatív bizonytalansága. ^d: Tisztított zöldborsóban nem várható szermaradék, a jelentett LOQ =0,05 ellenére.

Pesszimista kimenettel számolunk a megadott LOQ érték használatával. ^e: Nyers összetevők össztömege: a feltüntetett érték azokat az összetevőket (ld. alábbiakban felsorolva) is tartalmazza, melyek nem járulnak hozzá a bifentrin-maradékhoz. ^f: Sütés és főzés közben bifentrin-lebomlás nem várható. ^g: 5g lekvár/palacsinta alapján számolva, 90,7% tisztított nyers számoecatartalmat feltételezve (STMR=0,46 mg/kg). ^h: Sütési olaj lecsepegtetését követően.

Ételek:

1. Zöldborsófőzelék
2. Sertéspörkölt
3. Galuska
4. Palacsinta
5. Almáspite
6. Fasírt

Ételek összetevői [kg], melyek nem járulnak hozzá a bifentrin-maradék koncentrációjához:

1. Zöldborsófőzelék: kacsaszír (0,008); só (0,01); víz (1,0)
2. Sertéspörkölt: víz (0,3)
3. Galuska: 16 g sót tartalmazó víz (0,3)
4. Palacsinta: víz (0,39)
5. Almáspite: cukor (0,074); fahéj (0,02); tojás (0,059); só (0,0002); margarin (0,085); porcukor (0,038); sütőpor (0,006)
6. Fasírt: őrölt feketebors (0,001); tojás (0,051); hagyma (0,102); só (0,007); víz (0,15).

Az otthon készített ételek szermaradék koncentrációjának és kombinált bizonytalanságának részletes számítását a palacsinta példáján mutatom be. A közölt számok nem tükrözik az érték bizonytalanságát, hanem a módszer reprodukálni szándékozók munkáját könnyíti meg. A számítás lépései:

- i. Az i -ik alapanyag adott tömegének (M_i) szermaradék-koncentráció (mg) számítása a 24. táblázatban szereplő STMR értékek alapján. Tojás esetében STMR=0, így a szermaradék-koncentrációhoz ez az alapanyag nem járul hozzá. Repceolaj esetén:

$$R_1 = M_1 \times \text{STMR}, \text{ azaz } 0,18 \text{ kg} \times 0,08 \text{ mg/kg} = 0,01440 \text{ mg.}$$

- ii. A következő lépésben a releváns alapanyagokként (k) (repceolaj, tej, liszt, fehér) számított szermaradékok együttes mennyiségét kell számolni:

$$R_T [\text{mg}] = \sum_{i=1}^k R_i \quad (43)$$

$$0,0144 \text{ (repceolaj)} + 0,01961 \text{ (tej)} + 0,03198 \text{ (liszt)} = 0,06599 \text{ mg.}$$

- iii. A 16 darab töltetlen palacsinta össztömege recept alapján készítve (M_T) 1,34 kg; a bifentrin koncentráció (R_c):

$$R_c = \frac{R_T}{M_T} = \frac{0,06599}{1,34} = 0,0492463 \text{ mg/kg} \quad (44)$$

- iv. A palacsinták egyenként 5-5g számócalekvárt tartalmaznak töltelékként. Figyelembe véve, hogy az otthon készített számócalekvár 90,7% számócat tartalmaz, illetve a tisztítási (F_{cl}), elkészítési (F_{cu}) tényezőket, 5g lekvár 5,5125 g nyers számóccal ekvivalens mennyiségű.

A számócatartalomból származó bifentrin-koncentráció (STMR=0,46 mg/kg):

$$0,00551 \text{ kg} \times 0,46 \text{ mg/kg} = 0,0025346 \text{ mg.}$$

Ha 16 darab töltelék nélküli palacsinta 0,06599 mg szermaradékot tartalmaz, 1 darab töltelék nélküli palacsinta átlagosan 0,00412438 mg szermaradékot tartalmaz, és 1 darab számócalekvárral töltött palacsinta $0,00412438 + 0,0025346 = 0,0066590$ mg bifentrint tartalmaz.

A szermaradék koncentráció kombinált bizonytalansága (CV_{komb}) tartalmazza a szermaradék relatív szórását (CV_R), az ipari feldolgozási eljárások vagy a háztartási konyhai műveletek variabilitásának bizonytalanságát (CV_{pf}) és a szerkísérletek bizonytalanságát (CV_{STMR}):

$$CV_{\text{komb}} = \sqrt{CV_R^2 + CV_{\text{pf}}^2 + CV_{\text{STMR}}^2} \quad (45)$$

- v. A CV_R a nyersanyag mintavétel (CV_{S1}) és a mintaelőkészítés, analitikai vizsgálat relatív bizonytalanságát (CV_L) tartalmazza. Az utóbbi a laboratóriumi

minta homogenizálását, a vizsgált minta extrakcióját és annak mennyiségi meghatározását foglalja magába:

$$CV_R = \sqrt{CV_{S1}^2 + CV_L^2} \quad (46)$$

A CV_{Pf} a gyári vagy otthoni feldolgozási eljárás és a feldolgozott termék analitikai vizsgálatának variabilitását magában foglalja, de nem tartalmazza a feldolgozás előtti szakaszban az ömlesztett anyagból analitikai vizsgálatra vett minta szermaradék tartalmának bizonytalanságát (CV_R). Abban az esetben, amikor a feldolgozott termék kellően homogén (pl. finomított olaj vagy tej esetében) a feldolgozott termék mintavételi bizonytalansága elhanyagolható egyéb befolyásoló tényezők mellett és nullának vehető (EC 2006). Másrészt, ha a feldolgozott termék szilárd állagú, elegyítése egyenetlen, ezért az analitikai vizsgálatra kivett rész relatív mintavételi bizonytalanságát (CV_{S2}) is figyelembe kell venni. Ez utóbbi általában kisebb, mint a nyersanyagok relatív mintavételi bizonytalansága. Következésképpen a feldolgozott termék kombinált bizonytalansága az alábbiak szerint számolható:

$$CV_{komb} = \sqrt{CV_R^2 + CV_{Pf}^2 + CV_{STMR}^2 + CV_{S2}^2} \quad (47)$$

A receptek variabilitásából származó relatív bizonytalanság (CV_{cu}) az összetett élelmiszer különböző alapanyagai esetében eltérő, amit a szermaradék kombinált bizonytalanságának számításakor az összetevők szintjén ugyancsak szükséges figyelembe venni. Fenti befolyásoló tényezők alapján a feldolgozott termékben a szermaradék koncentráció kombinált bizonytalansága az alábbi egyenlettel állapítható meg:

$$CV_{komb} = \sqrt{CV_{cu}^2 + CV_{Pf}^2 + CV_{STMR}^2 + CV_{S1}^2 + CV_{S2}^2 + CV_L^2} \quad (48)$$

Feldolgozatlan termékek esetében a CV_{Pf} és CV_{S2} nullával egyenlő.

A számításokban a Farkas és munkatársai (2017) által megállapított gabonaszemekre vonatkozó relatív mintavételi bizonytalanságot ($CV_{S1}=0,2497$) és a szerkísérletekre jellemző CV_L ($CV_L=0,15$) értéket alkalmaztam. Liszt esetében, ahol az alapos elegyítés nem megoldható, a CV_{S2} 0,11, CV_{STMR} 0,082, CV_{Pf} 0,449, CV_{cu} 0,2424. Ezen adatok alapján a finomliszt CV_{komb} számítása az alábbi szerint történik:

$$CV_{komb} = (0,082^2 + 0,449^2 + 0,2497^2 + 0,15^2 + 0,11^2 + 0,2424^2)^{1/2} = 0,603$$

A szermaradék koncentráció bizonytalanságának számításához először az összetevők (i) lépés szerint számított szermaradék tartalma és a kombinált

relatív bizonytalanság (CV_{komb}) figyelembevételével kiszámítjuk a szermaradék érték szórását és varianciáját ($SD_{Ri}=CV_{\text{komb}} \times Ri$; $SD^2=VAR$). Az átlagos variancia négyzetgyökét osztva az R_T -vel kapjuk az adott ételben lévő szermaradék CV_{res} értékét, azaz a szermaradék relatív standard bizonytalanságát. A palacsinta tészta szermaradék tartalma 0,06599 mg, szermaradék koncentráció előbbiek szerint számított szórása 0,02961, a bifentrin szermaradék vonatkozó relatív bizonytalansága (CV_{res}) 0,4487.

- vi. Töltött palacsinta esetén az üres palacsintában ($0,02961/16=0,0018506$ mg) és a számócalekvárban (0,0008723 mg) lévő alapanyagok szermaradék koncentrációinak szórásait kell összesíteni (eredmény: 0,002045 mg). A két szórás szabadsági foka nem ismert, első megközelítésben ezért feltételezzük, hogy azonosak és az összesített SD a 25. egyenlettel számolható. Az összesített SD és a szermaradék összegéből (0,006659 mg) származtatható a relatív bizonytalanság (0,307238 az egy töltött palacsintában lévő, 0,07460 mg/kg szermaradéokra).

A részletes adatokat a 25. táblázat tartalmazza. A számítás elvei a többi étel esetében megegyeznek. A relatív bizonytalanságot minden élelmiszerre külön-külön ki kell számolni (SZENCZI-CSEH és AMBRUS 2017).

25. táblázat: Szamócalekvár-töltelékes palacsinta bifentrin-koncentrációjának és bizonytalanságának számítása*

Összetevők	Tömeg [kg]	STMR, STMR-P [mg/kg]	Szermaradék kombinált bizonytalanságának tényezői						CV _{komb}	Bifentrin			
			CV _{STMR}	CV _{Pf}	CV _{cu}	CV _{S1}	CV _{S2}	CV _L		mg ^a	SD mg	mg/kg ^b	CV _{res} ^c
Tojás	0,14	0								0	0		
Repceolaj	0,18	0,08	0	0,23	1,44	0,18	0	0,15	1,48	1,4x10 ⁻²	2,1x10 ⁻²		
Tej	0,37	0,05			0,34			0,15	0,37	0,02	0,007		
Liszt, fehér	0,41	0,08	0,082	0,45	0,24	0,25	0,11	0,15	0,60	3,2x10 ⁻²	1,9x10 ⁻²		
M _{Ti}	1,49									6,6x10 ^{-2♦}	2,9x10 ^{-2♣}		
M _T	1,34											4,9x10 ⁻²	0,05
1db üres palacsinta	0,084									4,1x10 ^{-3♥}	1,9x10 ^{-31♣}		
Lekvár szamóca- tartalma	0,0055♣	0,46	0,144			0,27		0,15	0,34	2,5x10 ⁻³	8,7x10 ⁻⁴		
1db töltött palacsinta	0,089									6,7x10 ⁻³	2,1x10 ⁻³	7,5x10 ⁻²	0,31

Magyarázat:

* A táblázat kerekített értékeket tartalmaz, azonban a számítás kerekítés nélkül történt.

^a: A szerkísérleti medián szermaradékokból és az alapanyagok tömegéből számolva.^b: A bifentrin koncentráció [mg/kg] számítása a szermaradékok összegéből [mg] és a fogyasztásra kész étel tömegéből történik.^c: A fogyasztásra kész étel szermaradék koncentrációjának relatív bizonytalansága.

♦: Nyers alapanyagban lévő szermaradékok összege.

♣: Nyers alapanyagok szermaradékának összesített szórása.

♥: 1db palacsintában lévő szermaradék-tartalom [mg].

¹: 1db palacsintában lévő szermaradék szórása.

♠: Nyers szamóca ekvivalens, lekvár 90,7%-os gyümölcstartalmával számolva.

4.3.6. Kenyerek bifentrin koncentrációja kombinált bizonytalanságának a számítása

Az ipari élelmiszer-feldolgozási körülmények lényegesen eltérnek az otthoni ételkészítéstől. Az Annamajori Pékség Kft. (2017) által közzétett néhány kenyérrecept és a Codex Alimentarius Hungaricus (2004) által engedélyezett lisztarányokat a 26. táblázat foglalja össze.

26. táblázat: 100 kg kenyér gyártásához használt összetevők (kg), illetve engedélyezett összetevő aránya (%)

Összetevők	Félbarna kenyér (kg) ^a	Rozsliszt tartalmú kenyér (kg) ^a	Fehér kenyér (kg) ^a	Félbarna kenyér (%) ^b	Rozsliszt tartalmú kenyér (%) ^b	Fehér kenyér (%) ^b
Búzaliszt	64,14	61,82	76,67	85	84,9-60,1	100
Rozsliszt	11,59	21,09		15	15,1-39,9	
Ivóvíz	38,31	31,63	38,96			
Élesztő	1,58	1,08	1,58			
Étkezési só	1,40	1,44	1,40			
Hungapan KN5U ^c	0,06	0,04	0,06			
Összetevők össztömege	117	118	118,7			
F _{cu}	1,17	1,18	1,19			

Magyarázat: a: Sütődei gyártmánylap. b: Codex Alimentarius Hungaricus. c: Adalékanyag.

A fenti táblázatban szereplő kenyereknél a bifentrin szermaradék egyetlen forrása a liszt. Az STMR-P értékeket és az őrlési kihozatali faktorokat alkalmazva, valamint feltételezve, hogy a bifentrin átvitele arányos a $Y_{\text{örlés}}$ és a teljes kiörlésű liszt (P_{fwmf}) és finomliszt (P_{fwf}) feldolgozási faktoraival, a búza kenyérlisztben lévő bifentrin várható feldolgozási faktora (P_{fwb}) az alábbiak szerint számolható:

$$P_{\text{fwb}} = \frac{P_{\text{fwmf}} - P_{\text{fwf}}}{Y_{\text{wmf}} - Y_{\text{wf}}} \times (Y_{\text{bf}} - Y_{\text{wf}}) + P_{\text{fwf}} = \frac{0,765 - 0,31}{1 - 0,7} \times (0,815 - 0,7) + 0,31 = 0,484 \quad (49)$$

Az STMR-P (0,1209 mg/kg) számítása hasonlóképpen történt. Feltételezhető továbbá, hogy a szermaradék szintek és a rozs-rozsliszt közti bifentrin-átvitel hasonló, mint a búza esetében (OECD 2008). Először a kenyérliszt feldolgozási faktorainak relatív szórását kell számolni a 25. táblázat adataiból, alapul véve a teljes kiörlésű liszt

$SD_{Pf}=0,228$ értékét (mintegy információ hiányból adódó legrosszabb helyzetet):

$$(CV_{Pf}=SD_{Pf}/P_{f,wb})=0,228/0,484=0,4752$$

Következő lépésben a nyersanyagokban lévő szermaradékok relatív szórásai (CV_R) számolhatók a búzaszem mintavételi bizonytalanságából (0,2479), a liszt mintavételi bizonytalanságából (0,11), a feldolgozási faktor és analitikai vizsgálat (0,15), továbbá a szerkísérleti STMR bizonytalanságából ($CV_{STMR}=0,082$):

$$CV_{komb}=(0,2479^2+0,11^2+0,4752^2+0,15^2+0,082^2)^{1/2} = 0,573230713$$

Például a félbarna kenyér kenyérlisztjében lévő bifentrin szórása:

$$64,14 \text{ kg} \times 0,1209 \text{ mg} \times 0,5732 = 4,448809168 \text{ mg}.$$

A félbarna kenyér esetében az összesített szórás, a 31. egyenlettel számolva, 5,0176. A félbarna kenyér bifentrin koncentrációja: $9,16333 \text{ mg}/117 \text{ kg}=0,0783 \text{ mg/kg}$. A félbarna kenyérben lévő bifentrin koncentráció relatív szórása a szermaradékok összesített SD-je és a szermaradékok összegéből: $5,0176/9,16333=0,5476$. A kenyerek számított bifentrin koncentrációit és relatív bizonytalanságát a 27. táblázat tartalmazza.

27. táblázat: Üzemben készített kenyerek bifentrin koncentrációja és számított relatív bizonytalansága*

Kenyer típusa	Összetevők		P_f	CV_{komb}	STMR-P	Bifentrin		
	Megnevezés	kg			mg/kg	mg	mg/kg ^a	CV_{res}
Félbarna	Kenyérliszt	64,14	0,484	0,6362	0,1209	7,76		
	Rozsliszt	11,59	0,484	0,6362	0,1209	1,40		
	M_{RTE}	117				9,16	0,078	0,5476
Rozstartalmú	Kenyérliszt	10,27	0,484	0,6362	0,121	1,24		
	Fehérliszt	42,17	0,31	0,6188	0,078	3,29		
	Rozsliszt	21,09	0,484	0,6362	0,121	2,55		
	M_{RTE}	118				7,08	0,060	0,384
Fehér	Fehérliszt	76,67	0,31	0,6188	0,078	5,98		
	M_{RTE}	119					0,050	0,452

Magyarázat:

*: A táblázat kerekített értékeket tartalmaz, azonban a számítások kerekítés nélkül történtek.

^a: A fogyasztásra szánt kenyér bifentrin koncentrációja.

M_{RTE} : Fogyasztásra szánt kenyér tömege.

4.3.7. Visszaemlékezés bizonytalanságának becslése

Az élelmiszer elfogyasztott adagjának felidézése számos segédlettel támogatható annak érdekében, hogy minél pontosabb legyen a becslés. A 28. táblázat összefoglalja azon publikált validálási kísérletek eredményeit, melyek a képeskönyvvvel, ill. különböző alakzatokkal támogatott adagbecslés emlékezet alapú felidezésének hatásaira irányultak. A táblázat kizárólag azon élelmiszereket tartalmazza, melyek a modellétrendben is szerepelnek. Az egyes vizsgálatok eredményeinek értelmezése és összehasonlítása nehézkes, mert a valós és a becsült adagok közti eltérést különböző módon jellemzik (tömegszintű vagy adag-megfelelőség alapú jellemzés). A felsorolt kutatásokban a relatív szórás (CV_{di}), ami az adagok memória alapú felidezésének bizonytalanságát jellemzi, nem kerültek bemutatásra, ezek az SD_{di} és a becsült adag (P_i) átlagából ($\bar{x}_{di}$) származtathatók:

$$CV_{di} = \frac{SD_{di}}{\bar{x}_{di}} \quad (50)$$

Esetenként további bizonytalanságot okoz, hogy nem egyértelmű, pontosan mely élelmiszereket vizsgálták. A konkrét élelmiszer megadása helyett ugyanis a közleményekben olykor élelmiszercsoportok szerepelnek (pl. hús és húskészítmények állati termékek kategóriaként vannak feltüntetve). Azokat a közleményeket, melyekből nem derül ki egyértelműen az élelmiszer típusa, kizártam a további elemzésből (SZENCZI-CSEH és AMBRUS 2017).

Az átlag CV_{di} és maximum CV_{di} értékek hasonlóan bizonyultak, főként mert többnyire 1-1 érték áll rendelkezésre. A következetesség és az alábecslés elkerülése érdekében az étrendi kitettség bizonytalanságának számításakor a maximum értékeket vettem figyelembe, kivéve folyadékok esetében (kávé, tej és víz), mivel a becsült CV_{di} -k eltérése csekély, így az átlag érték adta a legjobb becslést.

A disszertációban bemutatott konkrét példában a mintaétrend élelmiszereinek memória alapú becslésére rendelkezésre álló adatokból számított CV_{di} értékeket táblázatos formában összesítettem (M6. melléklet) (SZENCZI-CSEH és AMBRUS 2017).

28. táblázat: Adagbecslés bizonytalansága memória alapú kutatások alapján

Élelmiszerek	Kutatás 1 (Bouchoucha et al. 2016)	Kutatás 2 (DeKeyser et al. 2011)	Kutatás 3 (Ambrus et al. 2013)	Kutatás 4 (Robson & Livingstone 2000)	Átlag CV _{di}	Max CV _{di}
Almáspite			0,25	0,52 ^b	0,38	0,52
Kenyér	0,56	0,41		0,43 ^b	0,46	0,56
Kávé		0,33 ^b ; 0,26 ^c			0,30	0,33
Zabpehely				0,276 ^b ; 0,289 ^b	0,282	0,29
Gyümölcsök	0,89				0,89	0,89
Dzsem/lekvár				0,73 ^b ; 0,47	0,60	0,73
Gyümölcslé (narancs)				0,35 ^b ; 0,30 ^b	0,33	0,35
Sertéshúsból készült fasírt	0,52				0,52	0,52
Tej müzlihez				0,32 ^b ; 0,35 ^b	0,34	0,35
Galuska	0,42			0,40	0,41	0,42
Töltelékes palacsinta	0,94				0,94	0,94
Zöldborsó- főzelék	0,67			0,33	0,50	0,67
Pörkölt	0,52		0,37		0,52	0,52
Zöldségek	0,67				0,67	0,67
Víz		0,38 ^b ; 0,58 ^c			0,48	0,58
Folyadékok					0,37 ^a	

Magyarázat:

^a: Folyadékok átlag CV értéke.

^b: 1-2 napot követően.

^c: 4 napot követően.

4.3.8. Bifentrin expozíció és kapcsolódó kombinált bizonytalanság összefoglalása

Az otthon készített ételek és az iparilag előállított kenyerek számított bifentrin szermaradék koncentrációját és bizonytalanságát a 21-27 táblázatokban foglalom össze. A modellétrendben szereplő egyéb élelmiszerek számított bifentrin szermaradék koncentrációja és bizonytalansága a 29. táblázatban szerepel (SZENCZI-CSEH és AMBRUS 2017).

29. táblázat: Hőkezelés nélkül fogyasztott élelmiszerek szermaradék-tartalmának számítása *

Összetevők	Tömeg [kg]	STMR vagy STMR-P [mg/kg]	Bifentrin			
			CV _{STMR}	CV _{komb}	[mg]	CV _{res} [mg/kg]
Bogyósok, szárított	0,083	0,29	0,676	0,878	$2,4 \times 10^{-2}$	0,88
Tej	0,104	0,053		0,15	$5,5 \times 10^{-3}$	0,15
Alma	0,17	0,1		0,24	$1,7 \times 10^{-2}$	0,24
Körte	0,2	0,1		0,24	0,02	0,24
Almalé	0,45	0,1		0,24	$4,5 \times 10^{-2}$	0,24
Banán	0,094	0,01		0,28	0,001	0,28
Narancs	0,14	0,05	0,213	0,35	0,007	0,35
Sonka	0,043	0,07		0,15	0,003	0,15
Paprika	0,05	0,14	0,337	0,49	0,007	0,49
Narancslé	0,57	0,05	0,213	0,35	$2,9 \times 10^{-2}$	0,35
Szedér	0,12	0,29	0,676	0,22	$3,5 \times 10^{-2}$	0,22
Mandarin	0,102	0,05	0,213	0,35	0,005	0,35
Kakaó/tej	0,31	0,05		0,15	$1,7 \times 10^{-2}$	0,15

Magyarázat:

*: A táblázat kerekített értékeket tartalmaz, azonban a számítás kerekítés nélkül történt.

A napi bifentrin expozíció az elfogyasztott élelmiszerek bifentrin koncentrációjának összegéből számolható. Az elfogyasztott élelmiszer kombinált relatív bizonytalansága a szermaradékok bizonytalanságából (CV_{res}) és az elfogyasztott élelmiszer becsült adagjának relatív bizonytalanságából (CV_{di}) származtatható. Utóbbiak a képeskönyv validálás eredményeiből állnak rendelkezésre (28. táblázat). Az egyes élelmiszerek bifentrin expozícióhoz történő lehetséges hozzájárulásának arányát az M6. mellékletben szereplő táblázat mutatja be.

A bifentrin szermaradék számított napi beviteli szintjei egy 60 kg testtömegű személy esetében 0,00257 mg/ttkg és 0,00281 mg/ttkg, az 1. és 2. nap vonatkozásában. Feltételezve, hogy a mérés közönséges fürdőszobai mérleggel történt ($\leq \pm 0,5$ kg pontosság), a testtömeg mérés vonatkozó szórása az alábbiak szerint számolható:

$$SD=0,5/1,96=0,2551 \text{ kg}$$

Relatív bizonytalansága:

$$CV_w=0,2551/60=0,004252$$

Az első fogyasztási nap becsült napi szermaradék expozíció kombinált relatív bizonytalanságát (CV_{EDI}) az alábbi egyenlettel számítottam:

$$CV_{EDI} = \sqrt{CV_{total}^2 + CV_w^2} = (0,30042^2 + 0,004252^2)^{1/2} = 0,30045 \quad (51)$$

A második fogyasztási nap becsült napi szermaradék expozíció kombinált relatív bizonytalansága 0,28223.

Abban az esetben, ha professzionális mérleggel történik a mérés ($\pm 0,1$ kg pontosság), ami fogyasztási felmérésekben megszokott, az első napi CV_{EDI} 0,30042, a második napi CV_{EDI} 0,28219. Az eltérések relatív különbsége, rendre, 0,01% és 0,12%. Ebből látszik, hogy professzionális mérleg alkalmazásával a napi étrendi expozíció becsült bizonytalansága gyakorlatilag nem változna, ezért alkalmazásuk nem szükséges. A számított napi bifentrin expozíció kiterjesztett kombinált bizonytalansága ($U=2 \times u$) és az expozíció felső határa a 30. táblázatban szerepelnek.

30. táblázat: Vizsgált személy napi bifentrin kitétsége*

Nap	Bifentrin ¹ [mg]	u^2 [mg]	U^3 [mg]	95%UCL	EDI mg/tt kg	EDI 95% UCL mg/tt kg
1	0,1539	0,0462	0,0925	0,246	$2,57 \times 10^{-3}$	$4,11 \times 10^{-3}$
2	0,1684	0,0475	0,0950	0,263	$2,81 \times 10^{-3}$	$4,39 \times 10^{-3}$

Magyarázat:

* A táblázat kerekített értékeket tartalmaz, azonban a számítás kerekítés nélkül történt.

¹: Bifentrin szermaradék [mg] adott napon elfogyasztott élelmiszerben.

²: Standard bizonytalanság.

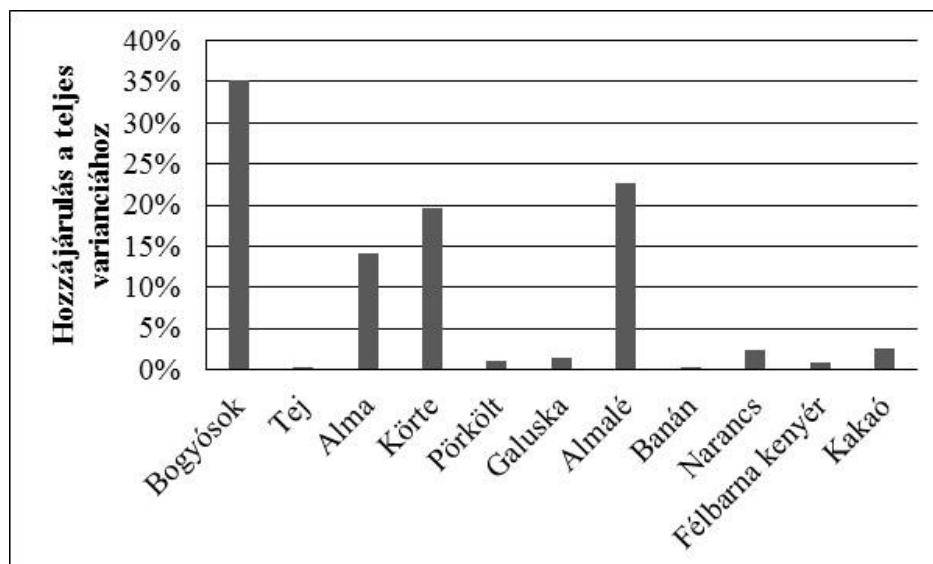
³: Kiterjesztett bizonytalanság.

95% UCL: Felső 95%-os konfidenciaszint.

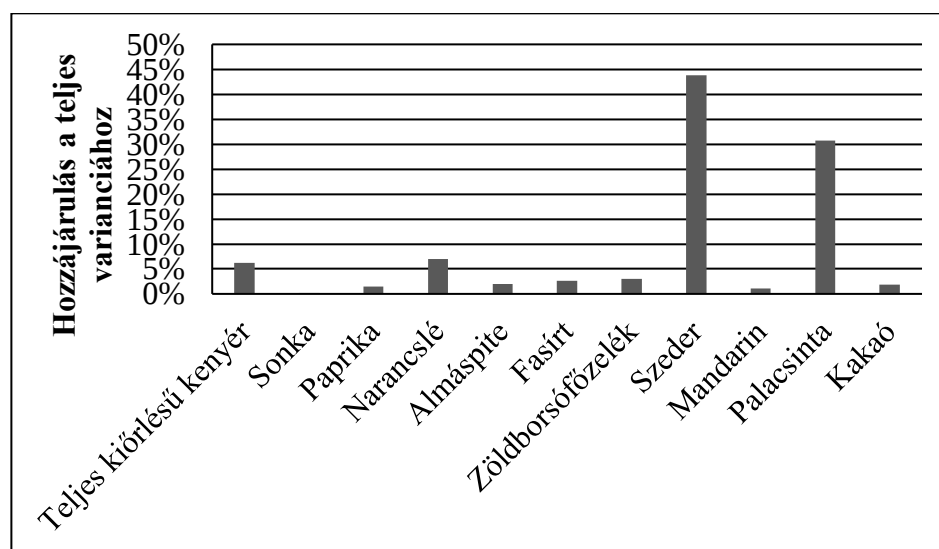
Ha első napra 30%, a 2. napra 28%-os összegzett kombinált bizonytalansággal számolunk, a kiterjesztett bizonytalansággal ($U=2 \times u$) terhelt számított bifentrin expozíció, a 95%-os konfidencia intervallumban, a következőképpen adható meg 1. napra: $2,57 \times 10^{-3} \pm 0,77 \times 10^{-3}$ mg/ttkg. A második napra: $2,81 \times 10^{-3} \pm 0,59 \times 10^{-3}$ mg/ttkg. A napi bifentrin expozíció 95%-os konfidencia intervallumának felső határa is 2,4 és 2,3-szor kisebb, mint az ADI (0,01 mg/tt kg), így az összegzett kombinált bizonytalanságot is figyelembe véve szintén nem éri el az ADI-t.

4.3.9. Bizonytalansági források rangsorolása

A modellétrendben szereplő egyes élelmiszerek hozzájárulását a napi bifentrin expozícióhoz a 13-14. ábrák mutatják.



13. ábra: Egyes élelmiszerek hozzájárulási aránya az 1. napi bifentrin expozícióhoz

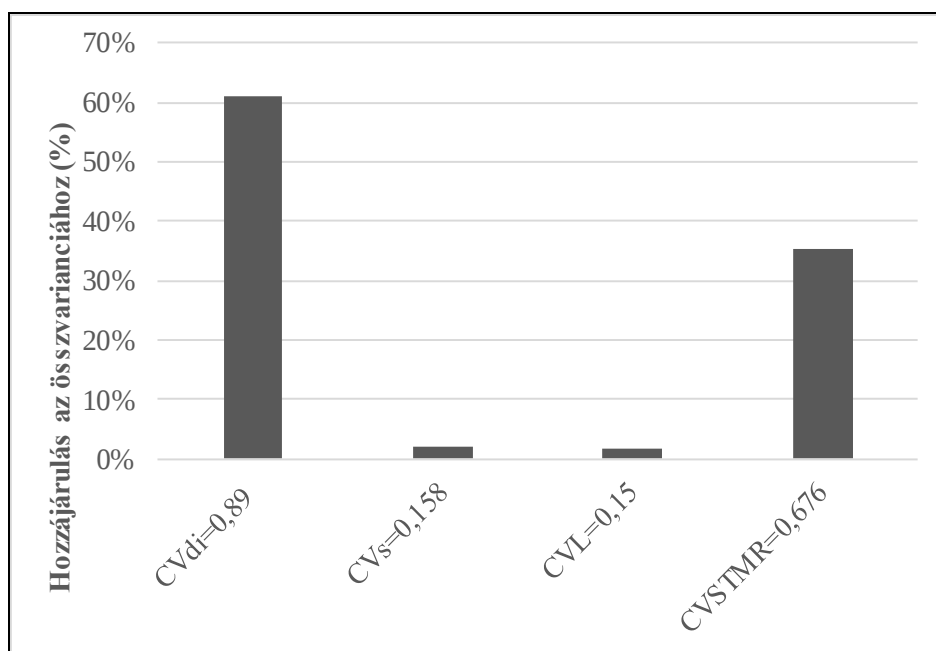


14. ábra: Egyes élelmiszerek hozzájárulási aránya az 2. napi bifentrin expozícióhoz

A számított étrendi expozíciót befolyásoló tényezők bizonytalanságainak mértéke változó, az elfogyasztott élelmiszer összetevőitől, a szermaradékok koncentrációjától, az élelmiszer elkészítésének módjától függ, ezért általánosan jellemző értékek nem adhatók meg. A példában a második napi fogyasztás alapján pl. a szeder- és palacsintafogyasztás járult hozzá legnagyobb mértékben az összegzett kombinált bizonytalansághoz. A számított napi étrendi növényvédőszer-maradék expozíció ismert, mennyiségileg behatárolható kombinált bizonytalanságát - kutatómunkám eredményei alapján (AMBRUS és SZENCZI-CSEH 2017, SZENCZI-CSEH és AMBRUS 2017) - elsősorban az ételreceptek variabilitásának ($CV_{cu}=22,3-144\%$), az elfogyasztott élelmiszerek felidézésének ($CV_{di}=29-98\%$), a szerkísérleti szermaradék

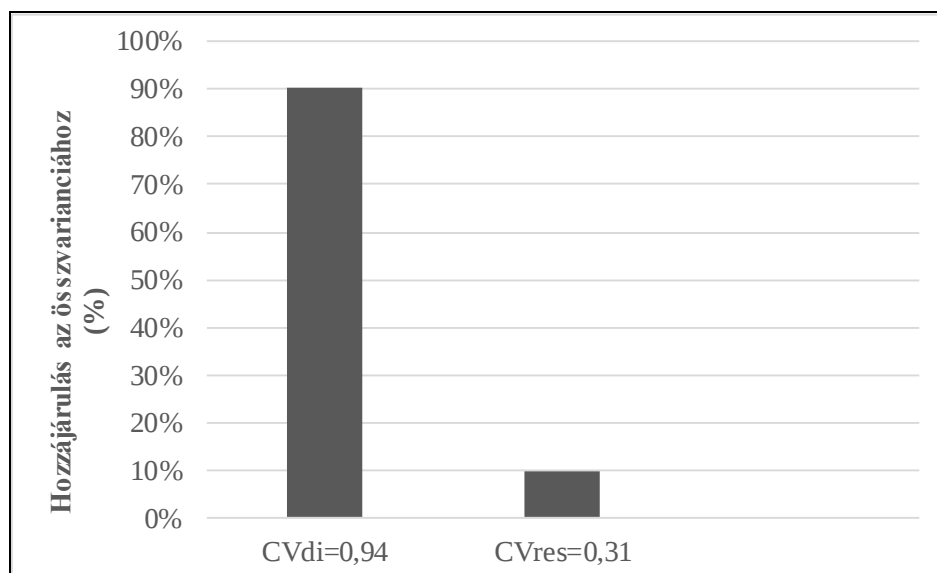
koncentrációk mediánjának ($CV_{STMR}=8-90\%$), a mintavétel (CV_S ; friss gyümölcsök: 20-30%, feldolgozott szilárd termékek: $\sim 10\%$; nagyméretű termények részmintavétele: 7-21%), a nyers termények minta feldolgozásának ($CV_{Pf}=30-50\%$) és a szerkísérletekből származó analitikai vizsgálatok ($\leq 15\%$) relatív bizonytalansága határozza meg.

A bevitel egyes lépései bizonytalanságának hozzájárulása a kombinált bizonytalansághoz az adott élelmiszertől függ. Például a szederrel történő bifentrin bevitel bizonytalansága magába foglalja a fogyasztás becslésének ($CV_{di}=0,89$), a mintavételnek ($CV_S=0,158$), a növényvédőszer-maradék laboratóriumi kimutatásának ($CV_L=0,15$), illetve a szerkísérleti adatoknak ($CV_{STMR}=0,676$) a bizonytalanságát. Az ismert kombinált bizonytalanság varianciájához történő százalékos hozzájárulásukat az 15. ábra szemlélteti.



15. ábra: A mintavétel, analitikai vizsgálat és az adagbecslés bizonytalanságának százalékos hozzájárulása a becsült szederfogyasztás kombinált bizonytalanságához

A palacsinta példájához visszatérve, a szermaradék bevitel bizonytalansága magába foglalja a szermaradék becslésének ($CV_{res}=0,31$) és a fogyasztásnak ($CV_{di}=0,94$) a bizonytalanságait. Az ismert kombinált bizonytalanság varianciájához történő százalékos hozzájárulásukat az 16. ábra szemlélteti.



16. ábra: A mintavétel, analitikai vizsgálat és az adagbecslés bizonytalanságának százalékos hozzájárulása a becsült palacsinta-fogyasztás kombinált bizonytalanságához

Az elfogyasztott mennyiség bizonytalanságának (CV_{di}) részaránya a varianciák összegéhez szeder esetében 61%, palacsinta esetében 90%, vagyis az, hogy az egyes bizonytalansági tényezők milyen értéket vesznek fel, az adott élelmiszer és szermaradék tartalmának a függvénye. Összetett élelmiszerek esetén, mint amilyen a palacsinta, a CV_{cu} , CV_{S1} , CV_L , CV_{Pf} , CV_{S2} és CV_{STMR} értékeket a CV_{res} részeként, az alapanyagok szintjén kell számolni. A palacsinta liszttartalmából származó bevétel bizonytalansága a receptvariabilitásból ($CV_{cu}=0,24$), a mintavétel ($CV_{S1}=0,25$), az analitikai vizsgálat ($CV_L=0,15$), a feldolgozás ($CV_{Pf}=0,45$), a szilárd állagból adódó kiegészítő mintavétel ($CV_{S2}=0,11$) és a szerkísérleti STMR ($CV_{STMR}=0,082$) relatív bizonytalanságából tevődik össze (SZENCZI-CSEH és AMBRUS 2017).

4.4. Új tudományos eredmények

1. Meghatároztam öt étel, a hazai kereskedelmi forgalomban hozzáférhető alapanyagokból készült élelmiszeradagjainak, nemzetközileg kidolgozott EPIC-SOFT képek könyv alkalmazásával történő mennyiségi becslése véletlen hibájának mértékét, irányát, illetve a felidézés relatív bizonytalanságát. A valós és becsült adagok közti különbséget tömegszinten jellemeztem, mivel ez a megközelítés pontosabb, mintha a becsléseket az adag-megfelelőség szempontjából értékeltem volna. A tömegbecslések variabilitására vonatkozó információk kedvezőbb alapot

szolgáltatnak a kitettség bizonytalanságainak becsléséhez. A kiugró értékek hatását lehetőség szerint „winsorizálással” csökkentettem. A percepció és memória alapú becslés eredményeit összehasonlítva egyértelmű, hogy – az előzetes feltételezésnek megfelelően – a becslés hibája idővel nő, ami már 1-2 órás eltérés esetén is megfigyelhető (akár 61%). A kapott eredmények lekedvezőbb esetként kezelhetők, mivel az étel fogyasztása és a kikérdezés időpontja között rendszerint több idő (min. 24-36 óra) telik el, mint a jelen vizsgálatban, ami tovább torzíthatja az eredményeket. Az adagok felidézésének bizonytalansága vizsgálatomban 24-55%-os volt.

2. Megállapítottam, hogy egy képsorozat csak akkor ad helyes eredményt a fogyasztott ételadagok mennyiségére, ha a hazai kereskedelmi forgalomban hozzáférhető alapanyagokból és receptek szerint készített ételek térfogattömegét figyelembe vesszük.
3. Azonosítottam a fogyasztási adatok értékét befolyásoló relatív bizonytalansági tényezőket, matematikai összefüggéseket alkalmaztam azok számszerűsítésére. Megállapítottam, hogy a fogyasztók növényvédőszer-maradék kitettségének összetett bizonytalanságának egyik fő forrása a fogyasztott élelmiszer-mennyiség visszaemlékezés alapján történő becslése és a receptek összetételének változatossága.
4. Azonosítottam a növényvédő szerek engedélyezését megelőző kockázatbecsléshez felhasználható növényvédőszer-maradékok medián értékének (STMR) megállapításához és a nyerstermének feldolgozásához kapcsolódó bizonytalanság forrásokat, matematikai összefüggéseket alkalmaztam azok számszerűsítésére. A megállapított összefüggések alapján lehetővé válik a szermaradék koncentrációk hozzájárulásának meghatározása a fogyasztói expozíció kombinált bizonytalanságához.
5. Módszert dolgoztam ki a növényvédőszer-maradékok determinisztikus expozíciójának kvantitatív bizonytalanságának számítására, melynek gyakorlati alkalmazási lehetőségét a bifentrin modellvegyület példáján keresztül mutattam be. Meghatároztam a növényvédőszer-maradék étrendi expozíció bizonytalanságát befolyásoló különböző tényezők kombinált hatásának számítási összefüggéseit és azokat egzakt egyenletekkel írtam le. A számítás alapösszefüggései érvényesek az akut és krónikus determinisztikus expozíció becslés esetén.

6. Megállapítottam, hogy a számított expozíció kombinált bizonytalansága élelmiszer-növényvédőszer-maradék páronként változik, a befolyásoló tényezőket csak közelítőleg lehet rangsorolni. Az elemzésem tárgyát képező 2-napos fogyasztási adatok és a modellvegyületnek választott bifentrin szermaradék koncentrációk alapján a mennyiségileg behatárolható bizonytalansági források hozzájárulásuk sorrendjében az ételreceptek variabilitása ($CV_{cu}=22,3-144\%$), az elfogyasztott élelmiszer becsült tömege ($CV_{di}=29-98\%$), a szerkísérletekből származó szermaradék értékek koncentrációinak a mediánja (CV_{STMR} 8-90%), a nyers termények feldolgozása ($CV_{pf}=30-50\%$), a mintavétel (CV_S : friss gyümölcsöknél 20-30%, feldolgozott szilárd termékeknél ~10%, nagyméretű termények részmintavételénél 7-21%) és a szerkísérletekből származó analitikai vizsgálatok ($\leq 15\%$). Megállapítottam, hogy az egyes bevételek bizonytalanságának hozzájárulása a kombinált bizonytalansághoz az adott élelmiszer és szermaradék tartalmának a függvénye.
7. Megállapítottam, hogy a fogyasztók testtömeg mérésének relatív bizonytalansága érdemben nem befolyásolja a számított expozíció összegzett kombinált bizonytalanságát.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

1. A jól kiválasztott, különböző ételadagokat bemutató képeskönyv alkalmazása fokozza az elfogyasztott élelmiszer mennyiség becslésének pontosságát.
Az ételek különböző mennyiségét bemutató képsorozatok a felmérésbe vont korosztály fogyasztási szokásaihoz kell igazítani, mind tartalmi, mind a feltüntetett adagok tekintetében.
2. A képeskönyv terjedelme korlátozott, ezért abban olyan ételeket célszerű ábrázolni:
 - a. melyeket a felmérésben szereplő személyek gyakran fogyasztanak és mennyiségük a háztartásban általában használt eszközökkel (evőkanál, kávéskanál, pohár, kávéscsésze stb.) nem becsülhető;
 - b. melyek alapján, egyéb hasonló megjelenésű ételek mennyisége is becsülhető.
3. Az EPIC-SOFT képeskönyvben szereplő adagokhoz rendelt tömegek csak az ábrázolt ételre vonatkoznak. A különböző alapanyagokból és receptek szerint készített, vizuálisan azonos térfogatú (mennyiségű) ételek valódi tömege eltérő lehet.
Az elfogyasztott ételadagok tömege lehető legpontosabb meghatározásának elősegítésére, a különböző ételek adagjának becslésére szolgáló, egyazon képsorozathoz, ételenként célszerű a megfelelő tömegeket (g) hozzárendelni.
4. A fogyasztási felmérésekben résztvevő személyeknek csak kis hányada rendelkezik az elfogyasztott élelmiszer összetételére vonatkozó részletes információval.
A kikérdező személynek ezért részletes ismeretekkel kell (célszerű) rendelkeznie a szokásos ételek összetételére, komponenseire vonatkozóan, hogy segítő kérdésekkel tegye pontosabbá a fogyasztott étel összetételének behatárolását.
5. A becslés hibája idővel nő, ami már 1-2 órás eltérés esetén is megfigyelhető.
A kapott eredmények legkedvezőbb esetként kezelhetők, mivel az étel fogyasztása és a kikérdezés időpontja között rendszerint több idő (min. 24-36 óra) telik el, mint a jelen vizsgálatban, ami tovább torzíthatja az eredményeket.
6. A növényvédőszer-kísérletek eredményeiből számított fogyasztói expozíció lényegesen magasabb, mint ahogy a növényvédő szer rendeltetésszerű felhasználása esetén várható, tekintve, hogy a szerkísérletek célzottan a javasolt növényvédelmi technológia alkalmazásakor előforduló maximális szermaradékszint meghatározására irányulnak. A gyakorlatban azonban nem

minden termő területet kezelnek, illetve nem az adott növényvédő szer engedélyezett maximális dózisát és a legrövidebb várakozási időt alkalmazzák.

Azon esetekben amikor a szerkísérleti eredmények alapján számított expozíció megközelíti az elfogadható napi vagy átlagos szintet, célzott mintavétellel végrehajtott szermaradék vizsgálatokkal célszerű a véletlen mintavételen alapuló monitoring vizsgálati eredményeket kiegészíteni és azok figyelembevételével meghatározni a reális fogyasztói expozíciót és meghozni a megfelelő kockázatkezelési intézkedéseket.

7. A számított fogyasztói expozíció bizonytalanságát okozó tényezőket két csoportba oszthatjuk. Az első csoportba a hiányos információn alapuló tényezők tartoznak, mint például a fogyasztott élelmiszer nyersanyag komponensei és részarányuk a készételben, a kereskedelmi fogalomban kapható kész élelmiszerek összetétele, a fogyasztásra kerülő terményrész (pl. a banán húsa, a megtisztított sárgarépa, burgonya) szermaradék tartalma az analizált terményrész szermaradék tartalmához viszonyítva stb. Az ilyen és hasonló forrásból származó bizonytalanságok célirányos adatgyűjtéssel csökkenthetők. Ugyanakkor a szermaradék természetes körülmények között előforduló variabilitásából adódó mintavételi, mintafeldolgozási és analitikai mérési bizonytalanságok, a jelenleg tipikus jó analitikai gyakorlat és műszerezettség alkalmazása mellett, gyakorlatilag nem csökkenthetők. A belőlük származó bizonytalanság minimális méretű csökkentése is jelentős költségráfordítással járna, ami nem eredményezné a számított expozíció kombinált bizonytalanságának érdemi csökkenését.
8. Az azonosított bizonytalansági források számszerűsítésére alkalmazott alapösszefüggések és a leírt egzakt egyenletek az akut és krónikus determinisztikus expozíció bizonytalanság becslése során egyaránt érvényesek, alkalmazhatók.

A viszonylag egyszerű eljárás a rutin determinisztikus kockázatbecslés munkában alkalmazható. A komplex számítást megkönnyítő, például Excel makróval támogatott alkalmazás esetleges jövőbeni kidolgozása további kutatómunkát, jelentős adatgyűjtést igényel. A hiányzó információk legmegfelelőbb pótlása során a különböző input paraméterek összefüggéseit jól ismerő, szakértő becslése nélkülözhetetlen.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A rendelkezésre álló fogyasztási és növényvédőszer-maradék adatok, majd az élelmiszer-biztonsági kockázatbecslés eredményének korrekt értelmezéséhez, kommunikációjához, szükség van az elfogyasztott élelmiszerrel az ember szervezetébe jutó, számított növényvédőszer-maradék elkerülhetetlen bizonytalanságának ismeretére, különösen olyan esetekben, amikor a számított expozíció megközelíti a toxikológiai referenciaértéket (ARfD, ADI).

Míg a növényvédőszer-maradék vizsgálati eredmények bizonytalanságára, illetve a szermaradékok eloszlására számos irodalmi adattal rendelkezünk, az elfogyasztott élelmiszerekkel a szervezetünkbe kerülő toxikus vegyületek mennyiségi meghatározásához alkalmazott metodika bizonytalanságának becslésére, ismereteim szerint eddig csak elvi útmutatók készültek.

Kutatásom során meghatároztam 5-féle étel 3-3 adagjának EPIC-SOFT képek könyv alkalmazásával történő mennyiségi becslése véletlen hibáját, vizsgálva a percepció és memória alapú képességeket. Az ételek három különböző nagyságú adagját külön elemezve megállapítottam, hogy a becslés hibája a spagetti nagy adagjánál volt a legkisebb (0,96%), míg a főtt burgonya kis adagjánál (39,15%) a legnagyobb. A képek alkalmazhatóságára vonatkozóan a kiugró értékek helyettesítésére alkalmazott winsorizálást követően vontam le végső következtetést. A főtt burgonya kis adagjának becsült értékei alapján a releváns ES képet nem találtam alkalmazhatónak. A becslés hibája idővel nő, ami már 1-2 órás eltérés esetén is megfigyelhető. A memória képességek vizsgálatakor a relatív eltérés 5,8% (parajfőzelék) és 60,7% (főtt burgonya) között változott. A kapott eredmények legkedvezőbb esetként kezelhetők, mivel az étel fogyasztása és a kikérdezés időpontja között rendszerint több idő (min. 24-36 óra) telik el, mint a jelen vizsgálatban, ami tovább torzíthatja az eredményeket. Az adagok felidézésének bizonytalansága vizsgálatomban 24-55%-os volt.

Kísérleteimmel igazoltam, hogy a vizuálisan azonos térfogatú ételek tényleges tömege eltérő lehet, melyet az elfogyasztott élelmiszernek a képek alapján becsült valós tömege számításakor figyelembe kell venni.

Kidolgoztam a fogyasztókat érő növényvédőszer-maradék expozíció determinisztikus módszerrel történő számítása bizonytalanságának meghatározására alkalmas eljárást, tekintettel arra, hogy a növényvédő szerek engedélyezés előtti fogyasztói kockázatbecslésében jelenleg a determinisztikus becslés tekinthető széleskörben reálisan kivitelezhető módszernek. Alkalmazását egy kétszer 24-órás fogyasztási

felmérésben rögzített adatok és az elfogyasztott élelmiszerekben az engedélyezési elővizsgálatok során végzett szerkísérletekből származó bifentrin szermaradék koncentrációk felhasználásával gyakorlati példán mutatom be.

Azonosítottam és a rendelkezésre álló adatok alapján mennyiségileg megbecsültem a fogyasztási adatok felméréséhez, a növényvédőszer-maradékok medián értékének (STMR) megállapításához, a nyerstermények feldolgozásához kapcsolódó bizonytalanság forrásait. A számított expozíció bizonytalansága a vizsgált időszakban fogyasztott élelmiszerek összetételétől és az azokban előforduló növényvédőszer-maradékoktól függ. Következésképpen a becsült expozíciót és annak bizonytalanságát esetenként és növényvédőszer-maradékonként külön kell megbecsülni.

A példában becsült napi expozíció összegzett kombinált bizonytalansága ~28-30%, ami viszonylag alacsony, mivel azon élelmiszerek, melyek csak nagy bizonytalansággal becsülhetők (pl. szeder, zöldségek) kis arányban szerepeltek a mintaétrendben. Az első napi fogyasztás alapján a bogyósok (47%) és az almalé (18%), a második napi fogyasztás alapján a szeder (44%) és a palacsinta (31%) fogyasztása járult hozzá legnagyobb mértékben az összegzett kombinált bizonytalansághoz.

Az elemzésem tárgyát képező 2-napos fogyasztási adatok és a modellvegyületnek választott bifentrin szermaradék koncentrációk alapján a mennyiségileg behatárolható bizonytalansági források a hozzájárulásuk sorrendjében az ételreceptek variabilitása ($CV_{cu}=22,3-144\%$), az elfogyasztott élelmiszer becsült tömege ($CV_{di}=29-98\%$), az STMR meghatározására szolgáló szerkísérletek száma ($CV_{STMR}=8-90\%$), a nyers termények feldolgozása ($CV_{Pf}=30-50\%$), a mintavétel (CV_s : friss gyümölcsöknél 20-30%, feldolgozott szilárd termékeknél ~10%, nagyméretű termények részmintavételénél: 7-21%) és a szerkísérletekből származó analitikai vizsgálatok $\leq 15\%$. Konkrét információ hiányában nem, vagy csak részben lehetett figyelembe venni az állati eredetű élelmiszerek vagy élelmiszer-alapanyagokban várható szermaradék bizonytalanságát. Az utóbbi eset tipikus példája az információhiányból származó bizonytalanságnak.

A rendelkezésre álló információ finomítása szükséges, ha a számított napi bifentrin expozíció, beleértve a 95%-os konfidencia intervallumának felső határát is, megközelíti vagy meghaladja a toxikológiai referenciaértéket.

A fogyasztók determinisztikus módszerrel meghatározott növényvédőszer-maradék expozíciója bizonytalanságának számítására kidolgozott eljárás alkalmazható

különleges táplálkozási igényű fogyasztói csoportok bevonása esetén is, mivel az alapelvek ugyanazok.

A bizonytalansági források hozzájárulásának ismerete lehetőséget ad a kritikus komponensek azonosítására, lehetőség szerinti csökkentésére, illetve a rendelkezésre álló erőforrások optimális felhasználására.

7. SUMMARY

In order to correctly evaluate and communicate the available data regarding food consumption and pesticide residues, as well as the results of food safety risk assessment procedures, the inevitable uncertainty of the calculated pesticide residue exposure due to food consumption has to be assessed, especially in cases when the calculated intake is close to the toxicological reference values (ADI or ARfD) to verify the acceptability of the use pattern of the pesticide.

Though, there are many scientific publications available regarding the uncertainty of measured residue values and their distribution, only conceptual guidance documents exist dealing with quantitative uncertainties of exposure to pesticide residues due to food consumption calculated with deterministic method.

I tested the applicability of EPIC-SOFT food picture series used in the context of a Hungarian food consumption survey gathering data for exposure assessment, and investigated the random errors in food portion estimation resulted from the visual perception and conceptualization-memory. Participants were presented with three different portion sizes of five foods. Analyzing 15 food portions separately, estimation error was detected lowest for spaghetti large portion (0.96%) and highest for boiled potato small portion (39.15%). The applicability of the pictures was evaluated after winsorisation. Finally, only the picture of small portion of boiled potato was not considered applicable. Differences obtained through both methods provide information on the capability of interviewed persons to recall the portion size of food taken on the plate 1-2 hours earlier. When conceptualization-memory is brought into the equation, errors in estimates increased (up to 61%). Results presented in this study should be considered as a best-case scenario, since, the time between eating the food and recalling its quantity is much longer (24-36 hours), which further increase the bias in estimation of portion sizes. The relative standard uncertainty of estimated portion size (CV_{di}) was found between 24-55% in this study.

I proved that the real masses of visually identical volumetric portion sizes of the foods may differ from the masses of foods presented on the pictures, which have to be considered when calculating the consumed mass based on portion size estimation using food picture booklet.

In this research the contribution of quantifiable uncertainties of input parameters of deterministic model to the combined uncertainty of the estimated exposure is shown with detailed calculation. Since the pre-registration pesticide dietary risk assessment

is generally performed with deterministic models, I demonstrated practical applicability of the elaborated procedure with a detailed worked example, using the bifenthrin pesticide residue results of supervised residue trials and food consumption data of two days.

The sources of uncertainties related to food consumption survey data, the calculation of supervised trial median residue (STMR) values and processing were identified and quantified. The uncertainties of parameters influencing the calculated dietary exposure vary at a large extent depending on the components of food consumed, residue levels, procedures involved in the preparation of the food. Consequently, typical values cannot be given and have to be evaluated case-by-case. The combined uncertainty of estimated daily residue intake in the demonstrated practical example is about 28-30%. It is relatively small because the proportions of food items that could only be estimated with high uncertainty (e.g. berry fruits, vegetables) were low. The results indicate that the major contributors to the combined uncertainty of daily residue intake were berry fruits (47%) and apple juice (18%) on the 1st day, blackberry (44%) and pancake (31%) on the 2nd day.

The ranges of relative uncertainties of the main influencing factors, based on the currently available information, are as follow: recipes of composite foods ($CV_{cu}=22.3-144\%$); amount of food consumed ($CV_{di}=29-98\%$); number of supervised trials providing the basis for the estimation of the supervised trial median residues ($CV_{STMR}=8-90\%$); processing factors ($CV_{Pf}=30-50\%$); sampling of plant materials (CV_s : fresh fruits: 20-30%; sampling processed solid products $\sim 10\%$; sub-sampling of large crops: 7-21%); analysis of residues in supervised trials ($\leq 15\%$). However, due to lack of relevant information, the relative uncertainty of expectable pesticide residue content of food of animal origin or components of composite foods could only partly be or could not be quantified.

Refinement of available information might be needed if the calculated intake including its upper 95% confidence limit is at or above the toxicological reference values.

The elaborated procedure for calculating the combined uncertainty of dietary exposure due to pesticide residues determined by deterministic method is applicable even for randomly selected consumer groups with particular nutritional needs, as the principles are the same.

By identifying the sources of uncertainties, the critical components can potentially be minimised, the utilization of available resources optimised.

8. MELLÉKLETEK

M1. Irodalomjegyzék

- AMBRUS, Á. (1979): The influence of sampling methods and other Field Techniques on the Results of Residue Analysis. Frehse, H. & Geissbühler, H., (szerk.). *Pesticide Residues*, Pergamon Press, 6-18. p.
- AMBRUS, Á. (1996a): Estimation of Uncertainty of Sample Preparation for the Analysis of Pesticide Residues. *J. Environ. Sci. Health B31*, No. 3, 443-450. p.
- AMBRUS, Á. (1996b): Estimation of Uncertainty of Sampling for Analysis of Pesticides Residues. *J. Environ. Sci. Health B31*, No. 3, 435-442. p.
- AMBRUS, Á. (2004a): Reliability of measurement of pesticide residues in food. *Accred. Qual. Assur.* 9, 288-304. p.
- AMBRUS, Á. (2004b): Contribution of sampling to the variability of pesticide residue data. *JAOAC International* 87, 1368-1379. p.
- AMBRUS, Á. (2006): Variability of pesticide residues in crop units. *Pest Manag Sci.* 62, 693-714. DOI: 10.1002/ps.1235. p.
- AMBRUS, Á. (2009): Estimation of sampling uncertainty for Determination of Pesticide Residues In Plant Commodities. *J. Environ. Sci and Health* 44, 1-13. p.
- AMBRUS, Á. (2016a): FAO manual on the submission and evaluation of pesticide residues data for the estimation of maximum residue levels in food and feed. *FAO Plant Production and Protection Paper* 225, Rome. 3rd edition, 131-142. p.
- AMBRUS, Á. (2016b): Contribution of sample processing to variability and accuracy of the results of pesticide residue analysis in plant commodities. *J. Agric. Food Chem.* 64, 6071-6081. p.
- AMBRUS, Á., HORVÁTH, ZS., FARKAS, ZS., DOROGHÁZI, E., CSEH, J., PETROVA, S., DIMITROV, P., DULEVA, V., RANGELOVA, L., CHIKOVA-ISCENER, E., OVASKAINEN, ML., PAKKALA, H., HEINEMEYER, G., LINDTNER, O., SCHWETER, A., TRICHOPOULOU, A., NASKA, A., SEKUŁA, W., GUIOMAR, S., LOPES, C., TORRES, D. (2013): Pilot study in the view of a Pan-European dietary survey – adolescents, adults and elderly. *EFSA Supp. Publ.* EN-508, 1–104. p.
- AMBRUS, Á., HORVÁTH, ZS., FARKAS, ZS., SZABÓ, IJ., DOROGHÁZI, E., SZEITZNÉ-SZABÓ, M. (2014): Nature of the field-to-field distribution of pesticide residues. *J. Environ. Sci and Health* 49, 4, 229-244. p.

- AMBRUS, Á., SZENCZI-CSEH, J. (2017): Principles of estimation of combined uncertainty of dietary exposure to pesticide residues. *EC Nutrition* 7.5, 228-251.p.
- AMOUGOU, N., COHEN, E., MBALA, ML., GROSDIDIER, B., BERNARD, JY., SAÏD-MOHAMED, R., PASQUET, P. (2016): Development and validation of two food portion photograph books to assess dietary intake among adults and children in Central Africa. *Br J Nutr.* 20, 1-8. p.
- ANDERSON, LR. (1987): Practical statistics for analytical chemists. Appendix D12. Van Nostrand Reinhold Company: New York.
- ANNAMAJORI PÉKSÉG KFT. Gyártmánylap.
http://www.annamajor.hu/uploads//gyartmany_kenyer/rozsos_kenyer.pdf.
 Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Pékség gyártmánylap kenyér. Lekérdezés időpontja: 2017. 01. 12.
- BEYER, W.H. (1986): Handbook of tables for Probability and Statistics, 2. kiadás. CRC Press, Boca Raton USA. 400. p.
- BFR. (2011): BfR compilation of processing factors for pesticide residues.
<http://www.bfr.bund.de/cm/349/bfr-compilation-of-processing-factors.xlsx>.
 Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: BfR processing factors pesticides. Lekérdezés időpontja: 2017. 02. 01.
- BFR. (2014): Leitfaden zur Unsicherheitsanalyse in der Expositionsschätzung
<http://www.bfr.bund.de/cm/350/leitfaden-zur-unsicherheitsanalyse-in-der-expositionsschaetzung.pdf>. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: BfR Unsicherheitsanalyse. Lekérdezés időpontja: 2017. 01. 12.
- BIPM, Bureau International des Poids et Mesures (2008): Joint Committee for Guides in Metrology. Evaluation of measurement data – Guide to expression of uncertainty of measurement JGCM 100:2008.
- BIRÓ, GY. (szerk.) (1992): Az Első Magyarországi Reprezentatív Táplálkozási Vizsgálat (1985–1988) eredményei, I. és II. kötet. Budapest, 1992, 1993.
- BIRÓ, GY. (2008): Eljárások és módszerek a magyarországi lakosság tápanyagbevitelének meghatározására a táplálékkal bevitt xenobiotikum terhelés becsléséhez. *Élelmiszervizsgálati közlemények* 1, 54, 5-22. p.
- BIRÓ, GY., ANTAL, M., ZAJKÁS, G. (1996): A magyarországi lakosság egy csoportjának táplálkozási vizsgálata 1992–1994 között. *Népegészségügy* 77, 3–13. p.

- BIRÓ, GY., HULSHOF, KF., OVESEN, L., AMORIM CRUZ, JA., EFCOSUM Group. (2002): Selection of methodology to assess food intake. *Eur J Clin Nutr.* 56 Suppl 2, 25-32. p.
- BIRÓ, L., ZAJKÁS, G., GREINER, E. (2007): Táplálkozási vizsgálat Magyarországon, 2003–2004. Mikro-tápanyagok: ásványi sók. *Orvosi Hetilap* 148, 703–708. p.
- BIRÓ, L. (2012): A korszerű tápanyagszámítás szerepe és lehetőségei a táplálkozástudomány területein- Doktori értekezés. Semmelweis Egyetem, Patológiai Tudományok Doktori Iskola. DOI: 10.14753/SE.2013.1803
- BOGNÁR, A. (2002): Tables on weight yield of food and retention factors of food constituents for the calculation of nutrient composition of cooked foods (dishes). Berichte der Bundesforschungsanstalt für Ernährung (BFE-R-02-03), Karlsruhe. ISSN 0933-5463.
- BOON, P.E., VAN KLAVEREN, J.D. (2003): Guidelines regarding probabilistic exposure assessment in the safety evaluation of pesticides in the EU Market. Study on Probabilistic Assessment Consumer Training. Rikilt Institute of Food Safety, B1-3330/SANCO/2002584.
- BOON, P.E., RUPRICH, J., PETERSEN, A., MOUSSAVIAN, S., DEBEGNACH, F., VAN KLAVEREN, J.D. (2009): Harmonisation of food consumption data format for dietary exposure assessments of chemicals analysed in raw agricultural commodities. *Food and Chemical Toxicology* 47, 2883–2889. p.
DOI: 10.1016/j.fct.2009.08.003
- BOUCHOUCHA, M., AKROUT, M., BELLALI, H., BOUCHOUCHA, R., TARHOUNI, F., MANSOUR AB., ZOUARI B. (2016): Development and validation of a food photography manual, as a tool for estimation of food portion size in epidemiological dietary surveys in Tunisia. *Libyan J. Med.* 11. <http://dx.doi.org/10.3402/ljm.v11.32676>.
- BRUSTAD, M., SKEIE, G., BRAATEN T., SLIMANI, N., LUND, E. (2003): Comparison of telephone vs face-to-face interviews in the assessment of dietary intake by the 24 h recall EPIC SOFT program—the Norwegian calibration study. *European Journal of Clinical Nutrition* 57, 107–113. p.
- BRUSSAARD, JH., LOWIK, MR., STEINGRIMSDOTTIR, L., MØLLER, A., KEARNEY, J., DE HENAUW, S. (2002): A European food consumption survey method—conclusions and recommendations. *European Journal of Clinical Nutrition* 56 (Suppl 2), S89–S94. p.

- BYRD-BREDBENNER, C., SCHWARTZ, J. (2004): The effect of practical portion size measurement aids on the accuracy of portion size estimates made by young adults. *J Hum Nutr Diet.* 17, 351-357. p.
- CAC. (1993): Pesticide Residues in Food, Codex Classification of Foods and Animal Feeds. *Codex Alimentarius* Volume 2. FAO, Rome.
- CAC. (1999): GL 33/1999 Recommended methods of sampling for the determination of pesticide residues for compliance with MRLs.
www.codexalimentarius.org/input/download/standards/361/CXG_033e.pdf.
 Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Codex Alimentarius pesticide residues MRL. Lekérdezés időpontja: 2017. 01. 12.
- CAC. (2007): GL 62/2007 Working Principles for Risk Analysis for Food Safety for Application by Governments.
<http://www.codexalimentarius.org/standards/list-of-standards/>. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Codex Alimentarius risk analysis. Lekérdezés időpontja: 2017. 01. 12.
- CHAMBERS, IVE., GODWIN, SL., VECCHIO, FA. (2000): Cognitive strategies for reporting portion sizes using dietary recall procedures. *J Am Diet Assoc.* 100, 891–897. p.
- Codex Alimentarius Hungaricus. (2004). 1-3/81-1 számú előírás: Egyes kenyerek és péksütemények. <http://www.omgk.hu/Mekv/1/13811.pdf>. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Codex Alimentarius Hungaricus kenyér. Lekérdezés időpontja: 2017. 01. 12.
- CRISPIM, S., NICOLAS, G., FREISLING, H., SLIMANI, N. (2011): Preparation of photos for food portion quantification in EPIC-Soft - Reference Guidelines. IARC.
- CYPEL, YS., GUENTHER, PM., PETOT, GJ. (1997): Validity of portion-size measurement aids: a review. *J Am Diet Assoc.* 97, 289-92. p.
- DE BOER, E.J., SLIMANI, N., VAN 'T VEER, P., BOEING, H., FEINBERG, M., LECLERCQ, C., TROLLE, E., AMIANO, P., ANDERSEN, LF., FREISLING, H., GEELLEN, A., HARTTIG, U., HUYBRECHTS, I., KAIC-RAK, A., LAFAY, L., LILLEGAARD, IT., RUPRICH, J., DE VRIES, JH., OCKÉ, MC. (2011): The European Food Consumption Validation Project: conclusions and recommendations. *Eur J Clin Nutr* 65 Suppl 1, S102-107. p.
- DE HENAUW, S., BRANTS, HAM., BECKER, W., KAIC-RAK, A., RUPRICH, J., SEKULA, W., MENSINK, GBM., KOENIG, JS. (2002): Operationalization of food consumption surveys in Europe: recommendations from the European Food

- Consumption Survey Methods (EFCOSUM) Project. *Eur. J. Clin. Nutr.* 56 (Suppl 2), S75–S88. p.
- DE KEYZER, W., HUYBRECHTS, I., DE MAEYER, M., OCKE, MC., SLIMANI, N., VAN 'T VEER, P., DE HENAUW, S. (2011): Food photographs in nutritional surveillance: errors in portion size estimation using drawings of bread and photographs of margarine and beverages consumption. *Br J Nutr.* 105, 1073–1083. p.
- DE SOUZA, RGM., CAMPOS, MIVAM., CORDEIRO, MM., MONEGO, ET., PEIXOTO, MRG. (2016): Validation of food's photographs for estimating the consumption food. *Rev Nutr.* 29, 415-424. p.
- DIEM, K., SELDRUP, J. (1982): Geigy Scientific Tables Vol. 2. Ciba Geigy. 106.
- EC. (2002): 2002/63/EC Establishing community methods of sampling for the official control of pesticide residues in and on products of plant and animal origin and repealing Directive 79/700/EEC. *Official Journal of the European Communities* 187, 30–43. p.
- EC. (2006): Commission Regulation (EC) No. 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Union*. L 364. 5-24. p.
- EC SCHER, SCENIHR, SCCS. (2013): Making Risk Assessment More Relevant for Risk Management.
http://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific_committees/consumer_safety/docs/sccs_o_130.pdf. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: EC SCHER risk assessment. Lekérdezés időpontja: 2017. 01. 12.
- ECHA. (2012): Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R19: Uncertainty analysis. ECHA-12-G-25-EN.
- EFSA. (2007): Opinion of the Scientific Committee related to Uncertainties in Dietary Exposure Assessment. *EFSA Journal* 5 (1), 438, 1–54. p.
- EFSA. (2009): Guidance of EFSA. General principles for the collection of national food consumption data in the view of a pan-European dietary survey. *EFSA Journal* 7, 1–51. p.
- EFSA. (2011): Use of the EFSA Comprehensive European Food Consumption database in exposure assessment. *EFSA Journal* 9, 2097. p.
- EFSA. (2012): Guidance on selected default values to be used by the EFSA Scientific Committee, Scientific Panels, and units in the absence of actual measured data. *EFSA Journal* 10, 1–32. p.

- EFSA. (2014): Guidance on the EU Menu methodology. *EFSA Journal* 12(12), 3944.
- EFSA. (2015a): EFSA calculation model Pesticide Residue Intake Model “PRIMo” revision 2.
- EFSA. (2015b): Revisiting the International Estimate of Short-Term Intake (IESTI equations) used to estimate the acute exposure to pesticide residues via food. EFSA Supporting publication 2015: EN-907.
- EFSA. (2016 tervezet): Guidance on Uncertainty in EFSA Scientific Assessment. <http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/consultation/150618.pdf>.
Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: EFSA uncertainty guidance. Lekérdezés időpontja: 2016. 12. 20.
- ELLISON, SLR., WILLIAMS, A. (szerk.) (2012): Eurachem/CITAC guide: Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement, 3. kiadás. ISBN 978-0-948926-30-3.
- EUROBAROMETER. (2010): Food-related risks. SPECIAL EUROBAROMETER 354. <http://www.efsa.europa.eu/en/riskcommunication/riskperception.htm>.
Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Eurobarometer 2010. Lekérdezés időpontja: 2017. 01. 25.
- FAGGIANO, F., VINEIS, P., CRAVANZOLA, D. (1992): Validation of a method for the estimation of food portion size. *Epidemiology* 3, 379-82. p.
- FAO. (2009): Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food. *Environmental Health Criteria* 240, WHO, Geneva, A2-3.
ISBN: 978 92 4 157240 8.
- FAO. (2011a): The State of the World’s Land and Water Resources for Food and Agriculture. <http://www.fao.org/docrep/017/i1688e/i1688e.pdf>. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: FAO Resources Food Agriculture. Lekérdezés időpontja: 2017. 02. 01.
- FAO (2011b): Pesticide residues in food – 2010 Evaluations. *FAO Plant production and Protection Paper* 206, 15-174. p.
- FAO. (2016): Pesticide residues in food – 2015 Evaluations. *FAO Plant production and Protection Paper* 206, 1181-1281. p.
- FARKAS, J., FODOR, P., MÉSZÁROS, L., MOHÁCSINÉ FARKAS, CS. (2011): Élelmiszer-biztonsági Kockázatbecslés. Digitális tankönyv (szerk. Mohácsiné Farkas Cs.), Nemzeti Tankönyvkiadó.

- FARKAS, ZS., HORVÁTH, ZS., SZABÓ, IJ., AMBRUS, Á. (2015a): Estimation of sampling uncertainty of pesticide residues based on supervised residue trial data. *J. Agric. Food Chem.* 63, 4409-4417. p.
- FARKAS, ZS., SLATE, A., WHITAKER, T., KÖTELESNÉ SUSZTER, G., AMBRUS, Á. (2015b): Use of combined uncertainty information for testing compliance with MRLs. *J. Agric. Food Chem.* 63 (18), 4418–4428. p.
DOI 10.1021/jf505512h 2015
- FARKAS, ZS., COOK, J.M., AMBRUS, Á. (2017): Estimation of Uncertainty of Measured Residues and Testing Compliance with MRLs. Ambrus, Á., Hamilton, D. (szerk.). *Food Safety Assessment of Pesticide Residues*. World Scientific. New Jersey. 404-466. p.
- FOSTER, E., MATTHEWS, JN., NELSON, M., HARRIS, JM., MATHERS, JC., ADAMSON, AJ. (2006): Accuracy of estimates of food portion size using food photographs-the importance of using age-appropriate tools. *Public Health Nutr* 9(4), 509-514. p.
- FROBISHER, C., MAXWELL, SM. (2003): The estimation of food portion sizes: a comparison between using descriptions of portion sizes and a photographic food atlas by children and adults. *J Hum Nutr Diet* 16, 181-8. p.
- FUSSELL, R.J. (2007): Measurement Uncertainty Associated with Sample Processing of Oranges and Tomatoes for Pesticide Residue Analysis. *J. Agric. Food Chem.* 55, 1062-1070. p.
- GY, P. (1998): Sampling for analytical purposes. New York NY: John Wiley.
- HAMILTON, D. (2017a): Evaluation of Pesticide Residues by FAO/WHO JMPR. Ambrus, Á. & Hamilton, D. (szerk.). *Food Safety Assessment of Pesticide Residues*, World Scientific, New Jersey, 113-196. p.
- HAMILTON, D. (2017b): Pesticide Specifications and their methods for analysis and testing. Ambrus, Á. & Hamilton, D. (szerk.). *Food Safety Assessment of Pesticide Residues*, World Scientific, New Jersey, 283-326. p.
- HERNÁNDEZ, T., WILDER, L., KUEHN, D., RUBOTZKY, K., MOSER-VEILLON, P., GODWIN, S., THOMPSON, C., WANG CH. (2006): Portion size estimation and expectation of accuracy. *Journal of Food Composition and Analysis* 19, S14–S21. p.
- HILL, A.R.C. (2002): Unit-to-unit variability of pesticides residues in fruit and vegetables. *Food Addit. Contam. Part A* 19, 733-747. p.

- HOLLIDAY, A., BATEY, C., EVES, FF., BLANNIN AK. (2014): A novel tool to predict energy intake. The Visual Meal Creator. *Appetite*, 79, 68–75. p.
DOI: 10.1016/j.appet.2014.04.001
- HORVÁTH, ZS., AMBRUS, Á., MÉSZÁROS, L., BRAUN, S. (2013): Characterisation of Distribution of Pesticide Residues in Crop Units. *J. Environ. Sci. Health Part B* 48(8), 615–625. p.
- HUYBREGTS, L., ROBERFROID, D., LACHAT, C. (2008): Validity of photographs for food portion estimation in a rural West African setting. *Public Health Nutr.* 11(6), 581-7. p.
- KETTLER, S., KENNEDY, M., McNAMARA, C., OBERDÖRFER, R., O'MAHONY, C., SCHNABEL, J., SMITH, B., SPRONG, C., FALUDI, R., TENNANT, D. (2015): Assessing and reporting uncertainties in dietary exposure analysis: Mapping of uncertainties in a tiered approach. *Food and Chemical Toxicology* 82, 79-95. p.
- KROES, R., MÜLLER, D., LAMBE, J., LÖWIK, M.R.H., VAN KLAVEREN, J., KLEINER, J., MASSEY, R., MAYER, S., URIETA, I., VERGER, P., VISCONTI, A. (2002): Assessment of intake from the diet. *Food and Chemical Toxicology* 40, 327–385. p.
- LAKATOS, E. (2013): Élelmiszeripari Technológiák I. Malom-, Sütő- és Édesipar. ISBN 978-963-334-139-1ö; ISBN 978-963-334-140-7.
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop422b/2010-0018_kotet_015_elelmiszeripari_technologiak_i/adatok.html. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: élelmiszeripari technológiák. Lekérdezés időpontja: 2017. 01. 12.
- LILLEGAARD, I. T., OVERBY, N. C. (2005): Can children and adolescents use photographs of food to estimate portion sizes? *Eur J Clin Nutr* 59(4), 611-617. p.
- LUCAS, F., NIRAVONG, S., VILLEMINOT, S., KAAKS, R., CLAVEL-CHAPELON, F. (1995): Estimation of food portion size using photographs: validity, strengths, weaknesses and recommendations. *J Hum Nutr Diet.* 8, 65–74. p.
- MAESTRONI, B. (2000): Testing the efficiency and uncertainty of sample processing using ¹⁴C labelled Chlorpyrifos. 1. rész. Fajgelj, A. & Ambrus, Á. (szerk.). Principles of Method Validation, Royal Society of Chemistry Cambridge UK, 49-58. p.

- MARTOS, É., KOVÁCS, V. A., BAKACS, M. (2012): Országos Táplálkozás és Tápláltsági Állapot Vizsgálat – OTÁP 2009. I. A magyar lakosság tápláltsági állapota. *Orv. Hetilap* 153, 1023–1030. p.
- McDONALD (2014): Handbook of Biological Statistics <http://www.biostathandbook.com/kruskalwallis.html> (2017. január)
- MILK COMPOSITION AND SYNTHESIS. Resource Library. http://ansci.illinois.edu/static/ansc438/Milkcompsynth/milkcomp_density.html
Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: milk composition density. Lekérdezés időpontja: 2017. 01. 20.
- MILLER, JN., MILLER, JC. (2010): Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry. Pearson Education Limited. 6. kiadás, 164. p.
- MINKKINEN, P. (2004): Practical application of sampling theory. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 74, 85–94. p.
- NASKA, A., VALANOU, E., PEPPA, E., KATSOULIS, M., BARBOUNI, A., TRICHOPOULOU, A. (2016): Evaluation of a digital food photography atlas used as portion size measurement aid in dietary surveys in Greece. *Public Health Nutr.* 26, 1-8. p.
- NELSON, M., ATKINSON, M., DARBYSHIRE, S. (1994): Food photography. I: The perception of food portion size from photographs. *Br J Nutr* 72, 649-63. p.
- NELSON, M., ATKINSON, M., DARBYSHIRE, S. (1996): Food photography II: use of food photographs for estimating portion size and the nutrient content of meals. *Br J Nutr* 76, 31-49. p.
- NELSON, M., HARALDSDOTTIR, J. (1998a): Food photographs: practical guidelines I. Design and analysis of studies to validate portion size estimates. *Public Health Nutr.* 1, 219–30. p.
- NELSON, M., HARALDSDOTTIR, J. (1998b): Food photographs: practical guidelines II. Development and use of photographic atlases for assessing food portion size. *Public Health Nutr* 1(4), 231-237. p.
- OCKÉ, M., DE BOER, E., BRANTS, H. (2012): PANCAKE – Pilot study for the Assessment of Nutrient intake and food Consumption Among Kids in Europe. *EFSA Journal Supporting Publications* EN-339.
- OECD. (2007a): Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 5 Test No. 501: Metabolism in Crops 2007. http://www.oecd-ilibrary.org/environment/test-no-501-metabolism-in-crops_9789264061835-en. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: OECD metabolism in crops. Lekérdezés időpontja: 2017. 01. 12.

- OECD. (2007b): Guidelines for the Testing of Chemicals. Section 5. Test No. 504: Residues in Rotational Crops (Limited Field Studies).
- OECD. (2007c): Guidelines for the Testing of Chemicals, Test No. 507: Nature of the Pesticide Residues in Processed Commodities - High Temperature Hydrolysis
http://www.oecd-ilibrary.org/environment/test-no-507-nature-of-the-pesticide-residues-in-processed-commodities-high-temperature-hydrolysis_9789264067431-en. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: OECD pesticide residues processed commodities nature. Lekérdezés időpontja: 2017. 01. 12.
- OECD. (2008): Guidelines for the Testing of Chemicals, Test No. 508: Magnitude of the Pesticide Residues in Processed Commodities.
http://www.oecd-ilibrary.org/environment/test-no-508-magnitude-of-the-pesticide-residues-in-processed-commodities_9789264067622-en. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: OECD pesticide residues processed commodities. Lekérdezés időpontja: 2017. 01. 12.
- OTÁP. (2014): Országos Táplálkozás és Tápláltsági Állapot Vizsgálat 2014.
https://www.ogyei.gov.hu/orszagos_taplalkozas_es_taplaltsagi_allapot_vizsgalat_2014/. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: OTÁP 2014. Lekérdezés időpontja: 2017. 05. 10.
- OVASKAINEN, ML., PATURI, M., REINIVUO, H., HANNILA, ML., SINKKO, H., LEHTISALO, J., PYNNONEN-POLARI, O., MANNISTO, S. (2008): Accuracy in the estimation of food servings against the portions in food photographs. *Eur J Clin Nutr.* 62, 674–81. p.
- ROBSON, PJ., LIVINGSTONE, MB. (2000): An evaluation of food photographs as a tool for quantifying food and nutrient intakes. *Public Health Nutr* 3(2):183-92. p.
- RUTISHAUSER IH. (2005): Dietary intake measurements. *Public Health Nutr.* 8 (7A), 1100-7. p.
- SUBAR, AF., CRAFTS, J., ZIMMERMAN, TP., WILSON, M., MITTL, B., ISLAM, NG., MCNUTT, S., POTISCHMAN, N., BUDAY, R., HULL, SG., BARANOWSKI, T., GUENTHER, PM., WILLIS, G., TAPIA, R., THOMPSON, FE. (2010): Assessment of the accuracy of portion size reports using computer-based food photographs aids in the development of an automated self-administered 24-hour recall. *J Am Diet Assoc* 110 (1), 55-64. p.

- SZEITZ-SZABÓ, M., BIRÓ, L., BIRÓ, GY., SALI, J. (2011): Dietary survey in Hungary, 2009. Part I. Macronutrients, alcohol, caffeine, fibre. *Acta Alimentaria*. 40(1), 142-152. p. DOI: 10.1556/AAlim.40.2011.1.16
- SZENCZI-CSEH, J., HORVÁTH, ZS., AMBRUS, Á. (2017): Validation of a Food Quantification Picture Book and Portion Sizes Estimation Applying Perception and Memory Methods. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. DOI: 10.1080/09637486.2017.1309521.
- SZENCZI-CSEH, J., AMBRUS, Á. (2017): Uncertainty of exposure assessment of consumers to pesticide residues derived from food consumed. *Journal of Environment Science and Health, Part B*. DOI: 10.1080/03601234.2017.1331671
- THOMPSON, F. E., SUBAR, A. F. (2008): Dietary Assessment Methodology. Nutrition In The Prevention And Treatment Of Disease. 3. kiadás. Coulston, A. et al. (Szerk.). Oxford, UK.
- THOMPSON, M., HOWARTH, R.J. (1980): The frequency distribution of analytical error. *Analyst* 105, 1188-1195. p.
- TROLLE, E., VANDEVIJVERE, S., RUPRICH, J., EGE, M., DOFKOVA, M., DE BOER, E., OCKÉ, M. (2013): Validation of a food quantification picture book targeting children of 0–10 years of age for pan-European and national dietary surveys. *Br J Nutr*. 110, 2298–2308. p.
- TURCONI, G., GUARCELLO, M., BERZOLARI, FG., CAROLEI, A., BAZZANO, R., ROGGI, C. (2005): An evaluation of a colour food photography atlas as a tool for quantifying food portion size in epidemiological dietary surveys. *Eur J Clin Nutr*. 59, 923–31. p.
- US-EPA. (2001): Exposure Factors Handbook 2011 Edition (Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-09/052F.
- VÁSQUEZ-CAICEDO, A.L., BELL, S., HARTMANN, B. (2008): Report on collection of rules on use of recipe calculation procedures including the use of yield and retention factors for imputing nutrient values for composite foods. http://www.fao.org/uploads/media/EuroFIR_recipe_calculation_procedures_including_yield_and_re-2008_02.pdf. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: EuroFIR recipe calculation. Lekérdezés időpontja: 2017. 01. 15.
- VENTER, CS., MACINTYRE, UE., VORSTER, HH. (2000): The development and testing of a food portion photograph book for use in an African population. *J Hum Nutr Diet*. 13(3), 205-18. p.

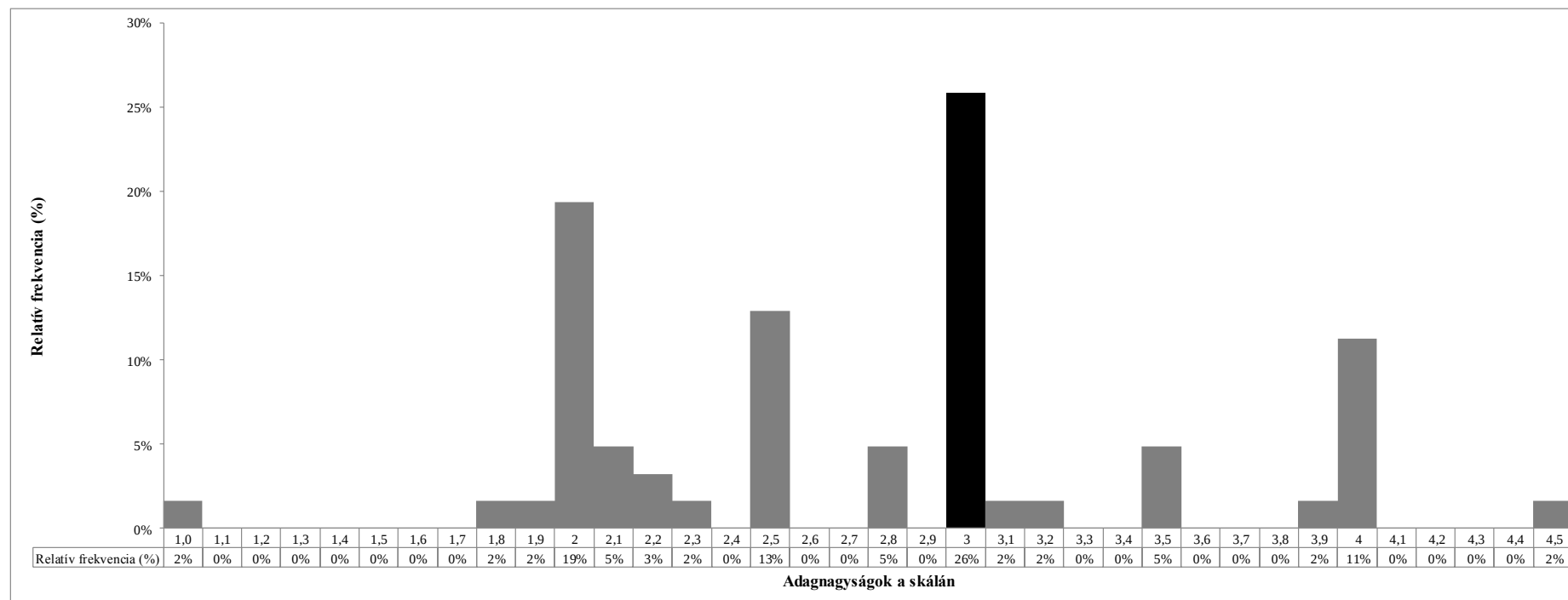
- VERGER, PH., IRELAND, J., MØLLER, A., ABRAVICIUS, JA., DE HENAUW, S., NASKA, A. (2002): Improvement of comparability of dietary intake assessment using currently available individual food consumption surveys. *Eur. J. Clin Nutr.* 56 (Suppl 2), S18 – S24. p.
- WEIN, EE., SABRY, JH., EVERS, FT. (1990): Recalled estimates of food portion size. *J. Can. Diet. Assoc.* 51, 400– 403. p.
- WHO. (1997a): Food consumption and exposure assessment of chemicals. Report of a FAO/WHO consultation, 10-14 February 1997, Geneva, Switzerland. World Health Organization, Geneva, Switzerland. Report WHO/FSF/FOS/97.5.
- WHO. (1997b): Guidelines for predicting dietary intake of pesticide residues. 2nd Revised Edition. GEMS/Food in collaboration with Codex Committee on Pesticide Residues. Document WHO/FSF/FOS/97.7, 34. p.
- WHO. Inventory of evaluations performed by the JMPR. <http://apps.who.int/pesticide-residues-jmpr-database/pesticide?name=BIFENTHRIN>. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: jmpr database pesticide bifenthrin. Lekérdezés időpontja: 2017. 01. 12.
- WHO/IPCS. (2008): Uncertainty and Data Quality in Exposure Assessment Part 1: Guidance Document on Characterizing and Communicating Uncertainty in Exposure Assessment. ISBN 978 92 4 156376 5 2008 2-3.
- YOLCI, O. (2015): A case study to assess the sample preparation error in pesticide residue analysis. *Food Anal Methods* 8, 2, 474-482. p.
- ZENTAI A., SALI J., SZABÓ I. J., SZEITZNÉ-SZABÓ M., AMBRUS Á., VÁSÁRHELYI A. (2013): Factors affecting the estimated probabilistic acute exposure to captan from apple consumption. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 30:5, 833-842. p.
- ZENTAI, A., KERÉKES, K., SZABÓ, I., AMBRUS, Á. (2015a): A fogyasztók növényvédőszer-maradékokból származó expozíciójának finomítása. 1-2. rész. *Élelmiszervizsgálati Közlemények LXI*, 3, 4.
- ZENTAI, A. (2015b): Növényvédőszer-maradékok és más szennyezőanyagok élelmiszer-fogyasztásból származó akut expozíciójának probabilisztikus modellezése. Doktori értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Doktori Iskola. DOI 10.14267/phd.2016023
- ZAIONTZ, CH. (2017): Real Statistics using Excel <http://www.real-statistics.com/non-parametric-tests/wilcoxon-signed-ranks-test/>. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: real statistics. Lekérdezés időpontja: 2017. 01. 12.

Tesztlap a képes album validálási programjához

Kód: _____ **Életkor:** _____ **Nem:** Férfi/fiú ☐ Nő/lány ☐
Iskolai végzettség: Általános iskola ☐ Középiskola ☐ Főiskola ☐ Egyetem ☐ Nincs iskolai végzettségem ☐
Értelmennyiségek: A skálán jelölje „X”-el, Ön szerint mely képpel egyenértékű a tányéron látható adag!

Sorszám	Étel-mennyiségének megfelelő mérőszám a képes album alapján
I. n	1 2 3 4 5 6
II. n	1 2 3 4 5 6
III. n	1 2 3 4 5 6
IV. n	1 2 3 4 5
V. n	1 2 3 4 5
VI. n	1 2 3 4 5
VII. n	1 2 3 4 5
VIII. n	1 2 3 4 5
IX. n	1 2 3 4 5
X. n	1 2 3 4 5 6
XI. n	1 2 3 4 5 6
XII. n	1 2 3 4 5 6
XIII. n	1 2 3 4 5
XIV. n	1 2 3 4 5
XV. n	1 2 3 4 5
XVI. n	1 2 3 4 5
XVII. n	1 2 3 4 5
XVIII. n	1 2 3 4 5
XIX. n	1 2 3 4 5 6
XX. n	1 2 3 4 5 6
XXI. n	1 2 3 4 5 6

M2. ábra: Értékelő tesztlap



M3. ábra: A közepes spagetti adagra vonatkozó összes becslés relatív gyakorisága.

A 3-al jelölt oszlop szemlélteti a valós adagnagságot.

M4. táblázat: A percepció módszerrel történt adagbecslés eredményeinek értékelése

Étel [g]	Résztevők (n)	Eredeti adatok							Winsorizált adatok						
		$\bar{m}$ [g]	$\bar{m}$ [g]	Δ %	CV	WSRT	Köv.	KW	$\bar{m}_w$ [g]	$\bar{m}_w$ [g]	Δ_w %	CV _w	Köv.	WSRT	KW*
Főtt burgonya [141g]	összes (62)	196	228	39,15	0,32	S+	w	w	196,89	228,00	39,64	0,31	NA	S+	nS
	férfiak (25)	197,1	193,2	39,81	0,38	S+	w	w	198,71	193,20	40,93	0,34	NA	S+	nS
	nők (37)	195,5	228,0	38,65	0,30	S+	w	w	195,38	228,00	38,57	0,26	NA	S+	nS
	fiatalok (31)	204,1	228,0	44,73	0,33	S+	w	w	196,89	228,00	39,64	0,31	NA	S+	nS
	felnttek (30)	191,1	206,3	35,54	0,31	S+	w	w	191,69	206,25	35,95	0,28	NA	S+	nS
Főtt burgonya [304g]	összes (62)	360	395	18,62	0,25	S+	w	w	362,89	394,90	19,37	0,22	A	S+	nS
	férfiak (25)	354,3	394,9	16,54	0,28	S+	w	w	356,16	394,90	17,16	0,24	A	S+	nS
	nők (37)	365,5	394,9	20,23	0,22	S+	w	w	366,66	394,90	20,61	0,18	A	S+	nS
	fiatalok (31)	371,2	405,0	22,11	0,24	S+	w	w	362,89	394,90	19,37	0,22	A	S+	nS
	felnttek (30)	351,2	374,7	15,53	0,25	S+	w	w	351,55	374,70	15,64	0,20	A	S+	nS
Főtt burgonya [507g]	összes (62)	481	507	-5,12	0,19	nS	G	nS	winsorizálás nem történt						
	férfiak (25)	474,2	507,0	-6,47	0,21	nS	G	nS							
	nők (37)	486,3	507,0	-4,08	0,17	nS	G	nS							
	fiatalok (31)	483,7	507,0	-4,59	0,17	nS	G	nS							
	felnttek (30)	479,5	512,1	-5,43	0,20	nS	G	nS							
Paraj-főzelék [81g]	összes (62)	63	55	-21,80	0,22	S-	w	w	63,13	54,90	-22,06	0,21	A	S-	S
	férfiak (25)	68,3	66,5	-15,72	0,22	S-	w	w	67,67	66,50	-16,45	0,21	A	S-	S
	nők (37)	59,5	52,0	-26,49	0,20	S-	w	w	59,62	52,00	-26,39	0,19	NA	S-	S
	fiatalok (31)	62,2	52,0	-23,15	0,23	S-	w	w	63,13	54,90	-22,06	0,21	A	S-	nS
	felnttek (30)	64,8	57,8	-20,06	0,21	S-	w	w	64,57	57,8	-20,29	0,20	A	S-	nS
Paraj-főzelék [119g]	összes (62)	100	100	-15,86	0,23	S-	w	w	100,50	100,00	-15,54	0,22	A	S-	S
	férfiak (25)	104,9	(103,8)	-11,87	0,21	S-	w	w	103,90	103,80	-12,69	0,18	A	S-	S
	nők (37)	96,5	84,8	-18,93	0,24	S-	w	w	94,68	84,80	-20,44	0,17	A	S-	S
	fiatalok (31)	102,5	100,0	-13,86	0,25	S-	w	w	100,50	100,00	-15,54	0,22	A	S-	nS
	felnttek (30)	98,1	98,1	-17,60	0,20	S-	w	w	97,71	98,1	-17,89	0,17	A	S-	nS
	összes (62)	246	232	-20,55	0,21	S-	w	w	246,54	232,00	-20,47	0,20	A	S-	nS

Étel [g]	Résztevők (n)	Eredeti adatok							Winsorizált adatok						
		$\bar{m}$ [g]	$\bar{m}$ [g]	Δ %	CV	WSRT	Köv.	KW	$\bar{m}_w$ [g]	$\bar{m}_w$ [g]	Δ_w %	CV _w	Köv.	WSRT	KW*
Paraj-főzelék [310g]	férfiak (25)	239,8	232,0	-22,66	0,24	S-	w	w	243,40	232,00	-21,48	0,19	A	S-	nS
	nők (37)	251,4	232,0	-18,92	0,19	S-	w	w	253,37	232,00	-18,27	0,17	A	S-	
	fiatalok (31)	244,3	232,0	-21,20	0,21	S-	w	w	246,54	232,00	-20,47	0,20	A	S-	
	felnttek (30)	245,7	232,0	-20,73	0,22	S-	w	w	246,89	232,00	-20,36	0,20	A	S-	nS
Spagetti [61g]	összes (62)	63	61	2,51	0,30	nS	G	S	winsorizálás nem történt						
	férfiak (25)	64,6	61,0	5,98	0,37	nS	G	nS							
	nők (37)	60,9	61,0	-0,17	0,22	nS	G								
	fiatalok (31)	64,6	61,0	5,88	0,24	nS	G	S							
	felnttek (30)	60,96	61,0	-0,06	0,35	S-	G								
Spagetti [170g]	összes (62)	158	158	-7,12	0,29	nS	G	nS	winsorizálás nem történt						
	férfiak (25)	158,3	158,0	-6,68	0,28	nS	G	nS							
	nők (37)	157,5	170,0	-7,33	0,31	nS	G								
	fiatalok (31)	159,5	170,0	-6,20	0,27	nS	G	nS							
	felnttek (30)	156,3	149,0	-8,07	0,33	nS	G								
Spagetti [320g]	összes (62)	323	320	0,96	0,19	nS	G	nS	winsorizálás nem történt						
	férfiak (25)	325,6	320,0	1,76	0,19	nS	G	nS							
	nők (37)	321,1	320,0	0,34	0,19	nS	G								
	fiatalok (31)	326,2	320,0	1,93	0,18	nS	G	nS							
	felnttek (30)	320,7	320,0	0,23	0,20	nS	G								
Sült hússzelet [134g]	összes (62)	121	132	-9,44	0,27	S-	w	w	121,58	132,00	-9,27	0,27	G	S-	S
	férfiak (25)	126,3	132,0	-5,78	0,27	nS	w	w	126,21	132,00	-5,81	0,26	G	nS	nS
	nők (37)	117,6	132,0	-12,27	0,26	S-	w		116,34	132,00	-13,18	0,24	A	S-	
	fiatalok (31)	110,6	105,0	-17,48	0,27	S-	w	w	121,58	132,00	-9,27	0,27	G	S-	S
	felnttek (30)	131,4	132,0	-1,93	0,25	nS	G		131,41	132,00	-1,93	0,25	G	nS	
Sült hússzelet [216g]	összes (62)	222	229	2,59	0,25	nS	G	nS	winsorizálás nem történt						
	férfiak (25)	223,5	229,0	3,47	0,26	nS	G	nS							
	nők (37)	220,1	229,0	1,92	0,25	nS	G								
	fiatalok (31)	218,2	202,6	1,02	0,26	nS	G	nS							
	felnttek (30)	223,4	229,0	3,43	0,25	nS	G								
	összes (62)	317	345	5,74	0,19	S+	w	w	317,66	345,00	5,89	0,19	G	S+	S

Étel [g]	Résztevők (n)	Eredeti adatok							Winsorizált adatok						
		$\overline{m}$ [g]	$\tilde{m}$ [g]	Δ %	CV	WSRT	Köv.	KW	$\overline{m}_w$ [g]	$\tilde{m}_w$ [g]	Δ_w %	CV _w	Köv.	WSRT	KW*
Sült hússzelet [300g]	férfiak (25)	307,3	337,8	2,44	0,22	nS	G	w	307,62	337,80	2,54	0,21	G	nS	nS
	nők (37)	324,9	345,0	8,29	0,16	S+	w	w	324,75	345,00	8,25	0,15	G	S+	
	fiatalok (31)	323,6	345,0	7,86	0,18	S+	w	w	317,66	345,00	5,89	0,19	G	S+	
	felnttek (30)	312,2	345,0	4,05	0,20	nS	G	w	310,95	345	3,65	0,20	G	nS	nS
Pörkölt [57g]	összes (62)	65	57	14,81	0,36	S+	w	w	64,44	57,00	13,06	0,29	A	S+	S
	férfiak (25)	72,0	57,0	26,40	0,44	S+	w	w	69,76	57,00	22,38	0,32	NA	S+	S
	nők (37)	60,3	57,0	5,86	0,23	nS	G	w	59,41	57,00	4,24	0,14	G	nS	
	fiatalok (31)	66,1	57,0	16,00	0,43	nS	w	w	64,44	57,00	13,06	0,29	A	nS	
	felnttek (30)	64,2	57,0	12,54	0,28	S+	w	w	62,85	57,00	12,58	0,20	A	S+	nS
Pörkölt [190g]	összes (62)	166	163	-12,54	0,27	S-	w	w	167,18	162,80	-12,01	0,25	A	S-	nS
	férfiak (25)	171,1	156,0	-9,93	0,30	nS	G	w	171,06	156,00	-9,97	0,29	G	nS	
	nők (37)	162,3	169,6	-14,56	0,24	S-	w	w	161,25	169,60	-15,13	0,18	A	S-	nS
	fiatalok (31)	171,2	169,6	-9,91	0,28	nS	G	w	167,18	162,80	-12,01	0,25	A	nS	nS
	felnttek (30)	162,5	162,8	-14,49	0,26	S-	w	w	160,76	162,8	-15,39	0,18	A	S-	
Pörkölt [276g]	összes (62)	342	351	23,91	0,22	S+	w	w	341,45	350,50	23,71	0,22	A	S+	nS
	férfiak (25)	333,3	335,6	20,76	0,24	S+	w	w	335,32	335,60	21,49	0,20	A	S+	
	nők (37)	348,7	350,5	26,34	0,21	S+	w	w	350,33	350,50	26,93	0,18	NA	S+	nS
	fiatalok (31)	340,5	350,5	23,37	0,20	S+	w	w	341,45	350,50	23,71	0,22	A	S+	
	felnttek (30)	349,5	350,5	26,65	0,23	S+	w	w	349,11	350,50	26,49	0,20	NA	S+	nS

Magyarázat:

$\overline{m}$: számtani átlag; $\tilde{m}$: medián; Δ %: relatív eltérés a valós és becsült átlag tömeg között; $\overline{m}_w$: winsorizált átlag; $\tilde{m}_w$: winsorizált medián; Δ_w %: winsorizált relatív eltérés a valós és becsült átlag tömeg között; w: winsorizált értékek; Köv.: következtetés; G: jó; A: megfelelő; NA: nem alkalmazható; w: winsorizálás szükséges; S+: szignifikáns fölébecslés; S-: szignifikáns alábecslés. * A KW próbával az összes alcsoport (férfiak, nők, fiatalok, felnttek) összehasonlítása megtörtént.

M5. táblázat: A memória alapú becslés varianciája

Étel	$\bar{\Delta}_{irel}^1$ Összes (n=53)	CV_{ir}^2	WSRT _p	$\bar{\Delta}_{irel}^1$ Férfiak (n=24)	CV_{ir}^2	WSRT _p	$\bar{\Delta}_{irel}^1$ Nők (n=29)	CV_{ir}^2	WSRT _p	$\bar{\Delta}_{irel}^1$ Fiatalok (n=30)	CV_{ir}^2	WSRT _p	$\bar{\Delta}_{irel}^1$ Felnőttek (n=22)	CV_{ir}^2	WSRT _p
Főtt burgonya	60,7	0,55	S	63,77	0,58	S	58,10	0,53	S	61,51	0,56	S	59,57	0,54	S
Parajfőzelék	5,8	0,51	S	29,39	0,72	S	-13,69	0,34	S	32,14	0,67	S	-28,52	0,30	S
Spagetti	17,2	0,37	nS	-5,92	0,17	S	36,41	0,53	nS	33,49	0,49	nS	-3,94	0,21	S
Sült hússzelet	17,2	0,24	S	18,30	0,28	S	16,42	0,21	S	15,31	0,24	S	29,70	0,24	S
Pörkölt	15,8	0,37	nS	9,13	0,25	nS	21,15	0,47	nS	23,29	0,46	nS	6,44	0,26	nS

Magyarázat:

¹ $\bar{\Delta}_{irel}$: átlag relatív eltérés, a 14. egyenlettel számolva² CV_{ir} a 16. egyenlettel számolva.

M6. táblázat: Elfogyasztott élelmiszerek bifentrin koncentrációja és a napi kitettség bizonytalansága*

Fogyasztott élelmiszerek	Mennyiség ¹ [kg]	Tömeg ² [kg]	Szermaradék ³ [mg]	CV _{res}	CV _{di}	CV _{össz}	SD _R	SD _R ²	Hozzájárulás aránya (%)
1. nap									
Zabpehely	0,09		0	0	0,29	0,29	0		
10% bogyósok, szárított ^a	0,01	0,083	$2,41 \times 10^{-2}$	0,8778	0,98	1,32	$3,17 \times 10^{-2}$	1×10^{-3}	46,898
Tej 100 + 10ml ^{b,c}	0,104	0,104	$5,5 \times 10^{-3}$	0,15	0,37	0,399	$2,20 \times 10^{-3}$	$4,82 \times 10^{-6}$	0,225
Kávé	0,09		0	0	0,37	0,37	0	0	0
1db alma	0,17	0,17	0,017	0,24	0,89	0,92	$1,57 \times 10^{-2}$	$2,46 \times 10^{-4}$	11,485
1db körte	0,2	0,2	0,02	0,24	0,89	0,92	$1,84 \times 10^{-2}$	$3,40 \times 10^{-4}$	15,896
Sertéspörkölt	0,1		$6,24 \times 10^{-3}$	0,396	0,52	0,65	$4,08 \times 10^{-3}$	$1,66 \times 10^{-5}$	0,778
Galuska	0,2		$6,48 \times 10^{-3}$	0,712	0,42	0,83	$5,4 \times 10^{-3}$	$2,87 \times 10^{-5}$	1,343
Almalé ^d	0,33	0,45	0,045	0,24	0,37	0,44	$1,99 \times 10^{-2}$	$3,94 \times 10^{-4}$	18,429
1db banán, közepes méretű	0,11	0,094	$9,35 \times 10^{-4}$	0,28	0,89	0,93	$8,7 \times 10^{-4}$	$7,61 \times 10^{-7}$	0,036
1db narancs, közepes méretű	0,2	0,14	0,007	0,35	0,89	0,96	$6,7 \times 10^{-3}$	$4,16 \times 10^{-5}$	2,103
Vaj	0,012		0			0	0	0	0
Félbarna kenyér, 2 szelet	0,067		$5,25 \times 10^{-3}$	0,55	0,56	0,78	$4,1 \times 10^{-3}$	$1,52 \times 10^{-5}$	0,790
Kakaó	0,311		0,016	0,15	0,37	0,399	$6,57 \times 10^{-3}$	$4,32 \times 10^{-5}$	2,019
Víz	1		0	0	0,37	0,37			
Elfogyasztott élelmiszer mennyisége [kg]	1,9938					0	SD _{Rp1} =0,046243		
Szermaradék összesen [mg]	0,1539	Kombinált CV _{R1}		0,3004			ΣV	0,00214	
Napi bevitel			0,0025655						

Fogyasztott élelmiszerek	Mennyiség ¹ [kg]	Tömeg ² [kg]	Szermaradék ³ [mg]	CV _{res}	CV _{di}	CV _{össz}	SD _R	SD _R ²	Hozzájárulás aránya (%)
2. nap									
Teljes kiőrlésű kenyér	0,08		0,015	0,5371	0,56	0,776	1,2x10 ⁻²	1,39x10 ⁻⁴	6,16
Delma margarin	0,01	0,04	0			0	0	0	0
Szeletelt sonka ^e	0,05	0,04	0,00298	0,15	0,56	0,58	1,7x10 ⁻³	2,97x10 ⁻⁶	0,13
Paprika	0,05	0,05	0,007	0,49	0,67	0,83	5,8x10 ⁻³	3,4x10 ⁻⁵	1,49
Narancslé 100% ^f	0,31	0,57	0,029	0,24	0,37	0,44	1,3x10 ⁻²	1,58x10 ⁻⁴	7,001
Almáspite	0,15		0,011	0,29	0,52	0,597	6,7x10 ⁻³	4,49x10 ⁻⁵	1,99
Fasírt	0,1		0,0107	0,51	0,52	0,73	7,7x10 ⁻³	5,98x10 ⁻⁵	2,65
Zöldborsófőzelék	0,37		0,0098	0,52	0,67	0,85	8,3x10 ⁻³	6,92x10 ⁻⁵	3,06
Szedér, fagyasztott	0,12	0,12	0,0348	0,22	0,89	0,92	3,2x10 ⁻²	1,02x10 ⁻³	43,83
Kiwi	0,075		0		0,89	0,89	0	0	0
Mandarin ^g	0,12	0,102	0,0051	0,35	0,89	0,96	4,89x10 ⁻³	2,39x10 ⁻⁵	1,057
Palacsinta 4db	0,357		0,0266	0,33	0,94	0,997	2,7x10 ⁻²	7,05x10 ⁻⁴	30,72
Kakaó	0,31		0,0165	0,15	0,37	0,39	6,6x10 ⁻³	4,32x10 ⁻⁵	1,91
Víz	1		0						
Elfogyasztott élelmiszer mennyisége [kg]	2,102						SD _{Rp2} =0,048		
Szermaradék összesen[mg]	0,17	Kombinált CV _{R2}		0,337			ΣVAR	0,00226	
Napi bevétel			0,002806						

Magyarázat: * A táblázat kerekített értékeket tartalmaz, azonban a számítás kerekítés nélkül történt. ¹: Kg megfelelő arányú a fogyasztott élelmiszerekkel. ²: Ehető hányad megfelelő arányú a nyersanyaggal. ³: Elfogyasztott élelmiszer szermaradék koncentrációja. CV_{res}: Elfogyasztott élelmiszer szermaradék koncentrációjának relatív bizonytalansága. CV_{di}: Adagbecslés relatív bizonytalansága, beleértve a kis, közepes, nagy méretű adagok (pl. gyümölcsöknél vagy zöldségeknél) bizonytalanságát. CV_{össz}: Napi szermaradék bevétel relatív bizonytalansága. SD: Elfogyasztott élelmiszer szermaradék-koncentrációjának standard bizonytalansága (szermaradék tömege × CV_{komb}). SD_R²: Standard bizonytalanság varianciája. Hozzájárulás aránya %: Az egyes elfogyasztott élelmiszerek százalékos hozzájárulási aránya egy adott napon történő össz szermaradékbevitel varianciájához. SD_{Rp1}, SD_{Rp2}: Élelmiszer szermaradék-koncentrációjának összevont szórása = becsült szermaradékbevitel standard bizonytalansága. ΣV: Variancia összege. ^a: Bogyóstermés 12%-os víztartalmát feltételezve, a friss tömegequiválens 0,083 kg. ^b: Holstein tej sűrűsége 20°C-on 1,033mg/ml (MILK COMPOSITION AND SYNTHESIS 2017). ^c: Kávé 10%-os tejtartalmából. ^d: Alma ehető hányada 0,7 (BOGNÁR 2002); sűrűség 1,05 g/ml. ^e: Hústartalom 85%. ^f: Sűrűség=1,333 g/ml; nyers gyümölcsequiválens 0,57 kg. ^g: Ehető rész (pép) 85%.

9. A DISSZERTÁCIÓ TÉMÁJÁBAN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK

Impakt faktoros folyóiratban megjelent közlemények

SZENCZI-CSEH, J., HORVÁTH, ZS., AMBRUS, Á. (2017): Validation of a Food Quantification Picture Book and Portion Sizes Estimation Applying Perception and Memory Methods. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. DOI: 10.1080/09637486.2017.1309521.

IF: 1,504.

AMBRUS, Á., SZENCZI-CSEH, J. (2017): Principles of estimation of combined uncertainty of dietary exposure to pesticide residues. *EC Nutrition* 7.5: 228-251. p IF: 1,337.

SZENCZI-CSEH, J., AMBRUS, Á. (2017): Uncertainty of exposure assessment of consumers to pesticide residues derived from food consumed. *Journal of Environment Science and Health, Part B*. DOI: 10.1080/03601234.2017.1331671 IF: 1,31.

Nem IF-os folyóiratban megjelent, lektorált közlemények

AMBRUS, Á., HORVÁTH, ZS., FARKAS, ZS., DOROGHÁZI, E., CSEH, J., PETROVA, S., DIMITROV, P., DULEVA, V., RANGELOVA, L., CHIKOVA-ISCENER, E., OVASKAINEN, M-L., PAKKALA, H., HEINEMEYER, G., LINDTNER, O., SCHWETER, A., NASKA, A., SEKUŁA, W., GUIOMAR, S., LOPES, C., TORRES, D. (2013): Pilot study in the view of a Pan-European dietary survey - adolescents, adults and elderly, *EFSA Supp. Publ.* 508. Vol 10, 1–104. p.

Hazai konferencia kiadvány és előadások

HORVÁTH, ZS., CSEH, J., FARKAS, ZS., AMBRUS, Á. Az egységes európai fogyasztási tényező felmérés metodikai alapelvei. Magyar Táplálkozástudományi Társaság, *Aktualitások a táplálkozástudományi kutatásokban című workshop*. Budapest, 2014. január 16. ISBN 978-963-88108-7-8, 9. p.

CSEH, J., AMBRUS, Á. Az adagbecslés lehetőségei az élelmiszer-fogyasztási felmérésekben. *A Magyar Táplálkozástudományi Társaság XXXVII. Vándorgyűlése*. Balatonőszöd, 2012. október 4-6. ISBN 978-963-88108-5-4 14. p.

Nemzetközi konferencia kiadvány

AMBRUS, Á., HORVÁTH, ZS., CSEH, J., SZEITZNÉ SZABÓ, M. Principles of planning risk-based monitoring programmes. *European Pesticide Residue Workshop*. Bécs, 2012.

10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Legnagyobb köszönettel témavezetőmnek, Prof. Dr. Ambrus Árpádnak tartozom szakmai irányításáért, a folyamatos motivációért, kitartó bizalmáért és emberi támogatásáért.

Köszönet illeti Arató Györgyit, Dr. Biró Lajost és Horváth Zsuzsannát, továbbá a PANEU és PANCAKE projektek valamennyi résztvevőjét a képesalbum validálás során történt együttgondolkodásért. Köszönöm a Budapesti Gazdasági Egyetemnek, kiemelten Dr. Gundel Jánosnak a képeskönyv validálás lebonyolításához nyújtott nélkülözhetetlen segítségét.

Köszönöm Dr. Gelencsér Éva és Prof. Dr. Biró György opponensi munkáját házivédésem során, akik értékes észrevételeikkel és tanácsaikkal segítették disszertációm végső formájának kialakítását, valamint köszönöm a házivédésem résztvevő valamennyi szakember hasznos hozzászólását, javaslatát.

Köszönöm Dr. Beczner Juditnak értékes szakmai észrevételeit.

Köszönettel tartozom munkáltatómnak és közvetlen feletteseimnek, Dr. Barna Saroltának és Dr. Szeitzné Dr. Szabó Máriának, hogy támogatták doktori munkám elkészítését.

Külön köszönöm Szüleimnek, Férjemnek és Fiaimnak szeretetüket, támogatásukat. Köszönöm, hogy sosem kételkedtek abban, az eredmények idővel letisztulnak és egyszer pont kerül a disszertáció végére.