

Állatorvostudományi Egyetem

Élelmiszer-higiéniai Tanszék

Poszt-harveszt peszticidek beoldódásának vizsgálata citromról italokba
és folyékony készételekbe

Study of leaching of postharvest pesticides from lemons into beverages
and liquid convenience foods

Ágai Viktor Adolf

Témavezetők: Dr. Lányi Katalin és Dr. Buzás Anna
ÁTE, Élelmiszer-higiéniai Tanszék

2024

Absztrakt

Az általunk elvégzett kísérletekben poszt-harveszt peszticiddel kezelt citromok felhasználásával vizsgáltuk, hogy az imazalil, tiabendazol és pirimetanil milyen mértékben képes beoldódni egyes italainkba és folyékony készételeinkbe. Az étel- és italmintákat úgy választottuk meg, hogy szárazanyag-tartalmuk, alkohol tartalmuk és hőmérsékletük eltérő legyen, így ezen tulajdonságok befolyásoló hatását fel tudjuk mérni. A kísérlet során minden étel és ital mintába 15 percre citromdarabot helyeztünk, majd LC-MS/MS módszerrel meghatároztuk a maradékanyag koncentrációt. Meghatároztuk a minták szárazanyag-tartalmát és pH értékét, valamint megmértük a hőmérsékletüket. A kapott adatokat táblázatban összesítettük és elemeztük. Bizonyos kontroll minták esetében kimutatható volt imazalil, tiabendazol és pirimetanil, tehát bizonyos mértékű terhelésnek a fogyasztók ki vannak téve. Az elemzés során korrelációanalízist végeztünk. Az eredmények alapján az imazalil, tiabendazol és pirimetanil leoldási hatékonyságát a vizsgált anyagok alkohol tartalma fokozta, míg tiabendazol és pirimetanil leoldási hatékonyságát a vizsgált anyagok szárazanyag-tartalma csökkentette. A hőmérséklet és a leoldási hatékonyság között korrelációanalízissel nem találtunk összefüggést, de bizonyos mintapárok esetén a hőmérséklet emelkedésével a leoldási hatékonyság is megnőtt.

Mivel az emberek egy része rendszeresen fogyaszt citromot, ezért esetükben folyamatos alacsony dózisu terhelés állhat fenn, aminek akár egészségkárosító hatása is lehet. Javaslom ezért, hogy aki rendszeresen felhasználja italaiba és ételeibe a citromhéjat is, az válasszon felületkezelésen át nem esett gyümölcsöt.

Abstract

In our experiments, we used lemons treated with a post-harvest pesticide to investigate the ability of imazalil, thiabendazole and pyrimethanil to leach into some of our beverages and liquid foods. The beverage and food samples were chosen to have different dry matter contents, alcohol contents and temperatures so that the influence of these properties could be analysed. In the experiment, a lemon slice was placed in each food and beverage sample for 15 minutes and then the residue concentration was determined by LC-MS/MS. The dry matter content and pH of the samples were measured and their temperature was observed. The data obtained were collected in a table and analysed. In some control samples imazalil, thiabendazole and pyrimethanil were detected, indicating that consumers are exposed to some degree of contamination. Correlation analysis was performed. The results showed that the leaching efficiencies of imazalil, thiabendazole and pyrimethanil were enhanced by the alcohol content of the test substances, whereas the leaching efficiencies of thiabendazole and pyrimethanil were reduced by the dry matter content of the test substances. No correlation between temperature and leaching efficiency was found by correlation analysis, but for some sample pairs, the leaching efficiency increased with increased temperature.

As some of the people consume lemons regularly, they may have a continuous low-dose exposure, which may have potentially health-damaging effects. I therefore recommend that anyone who regularly uses lemon peel in their drinks and food should choose fruit that has not been surface treated.

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	7
2.	Irodalmi áttekintés	9
3.	Célkitűzések	16
4.	Anyag és módszer	18
4.1	Citromminták	18
4.2	Ital és leves minták	18
4.2.1	Mintaválasztás és a minta származása	18
4.2.2	Ital- és ételkészítési kísérletek	20
4.3	Mintaelőkészítés	23
4.4	Műszeres mérések	27
4.4.1	Szárazanyag-tartalom, pH és hőmérséklet mérések	27
4.4.2	Peszticid mérések	28
4.5	Adatfeldolgozás	29
5.	Eredmények és megbeszélésük	30
5.1	Szermaradvány kimutatása késztermékből	30
5.2	Szárazanyag-tartalom meghatározások	30
5.3	Szermaradványok a citrommintákban	31
5.4	Szermaradványok a kontroll mintákban	32
5.5	Leoldódási kísérletek	34
6.	Következtetések, javaslatok	40
7.	Összefoglalás	42
8.	Irodalomjegyzék	45
9.	Köszönetnyilvánítás	49
10.	Mellékletek és nyilatkozatok	50

Rövidítések

ACN	Acetonitril
ADI	Acceptable Daily Intake
ARfD	Acute Reference Dose
ÁTE	Állatorvostudományi Egyetem
DDT	Diklór-Difenil-Triklóretán
EPA	Environmental Protection Agency (U.S.)
ESI	Electrospray Ionization
FAO	Food and Agriculture Organization
IEDI	International Estimated Daily Intake
IMZ	Imazalil
IMZ-D	Imazalil-allyl-D5 (deuterált imazalil)
IPCS	International Programme on Chemical Safety
JMPR	FAO/WHO Joint Meeting on Pesticide Residues
LC-MS/MS	Liquid Chromatography Mass Spectrometry
MATE	Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
MRL	Maximum Residue Level
MRM	Multiple Reaction Monitoring
NA	Nincs Adat
PMT	Pirimetanil
PSA	Primary-Secondary Amine
PTFE	Politetrafluoretilén
PVDF	Polivinilidén-fluorid

QuEChERS	Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe
RSD	Relatív szórás (%)
TBZ	Tiabendazol
TDK	Tudományos Diákköri Konferencia
TMDI	Theoretical Maximum Daily Intake
WHO	World Health Organization

1. Bevezetés

A mai modern fogyasztói társadalom már magától értetődőnek veszi, hogy szezonális és egzotikus gyümölcsök, valamint zöldségek folyamatosan elérhetőek a boltok polcain. Ezen túlmenően a fogyasztók elvárják a megfelelően érett, szépen kinéző, hibátlan árukat. A világ fejlődésével pedig az emberiség egyre nagyobb részének lesz elegendő erőforrása és ezáltal igénye az ilyen termékekre. A növekvő mennyiségi és minőségi elvárások kielégítése érdekében a termelők és a kereskedők nagy mennyiségben használnak különböző kémiai szereket. Ezek közül nagy jelentőségűek a peszticidek, melyek a modern agráriumban elengedhetetlenek a termelés fenntartásában. Növényvédő szerek használatával megelőzhetünk bakteriális és gombás fertőzéseket az élő növényen, visszaszoríthatjuk a gyomnövényeket, írthatjuk a kártevő rovarokat, valamint betakarítást követően is védhetjük az értékes terményt. A betakarítást követően alkalmazott növényvédő szereket gyűjtőnéven poszt-harveszt peszticideknek nevezzük.

Zöldségek és gyümölcsök esetében a betakarítás és a fogyasztás között viszonylag rövid idő telik el, ezért a felületre juttatott vegyszereknek nincs idejük lebomlani, így azok könnyedén emberi fogyasztásra kerülnek. Mivel már régóta ismeretes, hogy a felhasznált vegyszerek ránk is veszélyt jelenthetnek, ezért a WHO és FAO több mint 60 éve munkálkodik többek között azon, hogy ne kerüljön ártalmas mennyiségben káros anyag a tányérunkra. Kutatásaik, iránymutatásaik és javaslataik mára elengedhetetlenek a biztonságos élelmiszer előállításához. Ez idő alatt az egészségkárosító hatásokat vizsgáló módszerek folyamatosan fejlődtek, és egyre kifinomultabb technikákkal egyre pontosabban előre tudjuk jelezni melyik kémiai anyag lehet káros rövid vagy hosszú távon. A legújabb számítógépes modellek és programok, valamint a szövettanyészeten elvégzett kísérletek segítségével jelentősen csökkentettük a kísérletekhez felhasznált laborállat létszámot és biztonságosabbá tettük az emberi kísérleteket. A felhalmozott tudás mellett egyre több kérdés merül fel, mely a későbbi kutatások alapját fogja adni.

Mindazonáltal a tudás csak a biztonság egyik pillére, amit a hatóságok ellenőrző munkájának kell kiegészítenie. Mivel az ellenőrzések során hatalmas mintaszám gyűlik össze, ezért olyan vizsgáló módszer használata ideális, ami olcsó, könnyű, nagy tömegben elvégezhető, megbízható és automatizálható. Valamint az élelmiszeriparban sok alapanyag és kész termék eltarthatósága korlátozott, ezért a vizsgálatoknak gyorsan eredményt kell adniuk. Az ilyen módszereket kutató

vizsgálatok hosszútávon hatalmas anyagi terhet vehetnek le a hatóság és ez által a társadalom válláról, és tehetik még biztonságosabbá az életünket.

Az élelmiszer biztonsági előírások figyelembe veszik a termék felhasználásnak módját, és a fogyasztók szokásait is, így például a citrom esetében a reszelt citromhéj felhasználását, vagy a citromszelet italokba és ételekbe helyezését is. Habár alapvetően a kezelt gyümölcsrészt jellemzően nem fogyasztjuk el keserű íze miatt, a jelenlevő vegyszerek bizonyos mértékben beoldódhatnak az elfogyasztott élelmiszerbe is. Ennek ellenére jelenleg elenyésző tudásunk van arról, hogy az így felhasznált peszticidekkel kezelt gyümölcsökből milyen mértékben kerülnek szermaradványok az italainkba és ételeinkbe. Ez komoly kockázatot jelenthet a fogyasztók számára. Mivel az általunk elfogyasztott ételek és italok igen komplex rendszerek, ezért a vegytiszta oldatokban elvégzett oldhatósági vizsgálatok eredményeit nem lehet feltétel nélkül elfogadni.

2. Irodalmi áttekintés

A poszt-harveszt peszticideknek kiemelt jelentősége van olyan termények esetében melyeket nagy távolságra szállítanak, mint például a citromot. A világ citromtermelése 2022-ben meghaladta a 21,5 millió tonnát melynek két harmadát a hat legnagyobb citrom termelő ország adta: India, Kína, Mexikó, Argentína, Brazília, és Törökország. [1] A termelés helyétől még a ma ismert logisztikai megoldások mellett is jelentős időbe telik mire a végső fogyasztóhoz kerül a gyümölcs, mely alatt a terményt védeni kell a romlástól. A citrom romlását elsősorban penészgombák okozzák melyek közül a két legfontosabb a *Penicillium digitatum* és a *Penicillium italicum*. [2] A kutatások során a citrom betakarítást követő romlásáért 90%-ban a *P. digitatum* volt a felelős. [3] A gombaspórák a héjon lévő sérüléseken keresztül jutnak a gyümölcsbe, melyek keletkezhetnek betakarítás, tárolás vagy szállítás közben, és a megfelelő körülmények között már két nap alatt a gyümölcs rothadását okozhatják. [4, 5]

A romlásokon túl a *P. digitatum* képes termelni egy citrinin nevű mikotoxint, ami a kutatások alapján nephrotoxikus, teratogén és karcinogén. [6] Mivel a gombák által termelt másodlagos anyagcsere termékekről folyamatosan bővül a tudásunk, nem kizárt, hogy egyéb toxinok is felfedezésre kerülnek a jövőben. Szerencsére a romlás során a citrom (és más élelmiszerek) érzékszervi tulajdonságai is megváltoznak (a citrom felpuhul, elszíneződik, jellegzetes szaga lesz) ami megóvjaa a fogyasztót a káros anyagok felvételétől. A romlásokon kívül számos probléma miatt keletkezett fel nem használható termény, mint például szárvég rothadás, túlérett gyümölchullás vagy növény patogének megjelenése. A veszteségek összességében elérhették a 20%-ot, és ennek akár 35%-át tehetette ki a poszt-harveszt rothadás. [3] Látható tehát, hogy mind a termelők bevételeinek érdekében, mind a fogyasztók biztonsága érdekében meg kell előzni a gyümölcsök romlását.

Jelenlegi tudásunk és a bevett gyakorlatok alapján a legolcsóbb és leghatékonyabb módszer, poszt-harveszt peszticidek alkalmazása betakarítás követő 24 órán belül. A leggyakoribb szer az imazalil, de számos más készítményt is felhasználnak mint például tiabendazolt, karbendazint vagy klórpirifoszt, akár kombinációban is. [7, 8] Habár az elmúlt száz év során több ezer vegyületet ismertünk meg és használtunk fel a növényvédelemben, a potenciális káros hatások miatt ma már szigorú engedélyezési eljárásokon és rendszeresen felülvizsgálaton kell átesniük, így előfordulhat, hogy némely régebben közkezdvelt szer mára tiltó listára került. Jó példa erre a mindenki által ismert

DDT aminek használatát még az ezredforduló előtt megtiltották a hatóságok, vagy klórpirifosz aminek felhasználási engedélyét az Európai Unióban 2020-ban visszavonták.[9]

A WHO által 1997-ben kiadott *Guidelines for predicting dietary intake of pesticide residues* című irányelvben megfogalmazott alapelvek a mai napig érvényesek, és benne megtalálható a témával kapcsolatos legfontosabb fogalmak definíciói, valamint a szükséges számítások menete egy példán keresztül. Az útmutató megfogalmazta a számunkra talán legfontosabb fogalmat a témában, a maximális maradékanyag szintet (MRL – Maximum Residual Level), amit az ADI (Acceptable Daily Intake – Elfogadható Napi Bevitel) és IEDI (International Estimated Daily Intake – Számított Nemzetközi Napi Bevitel) alapján számolt TMDI (Theoretical Maximum Daily Intake) értékből van visszavezetve.[10] Mivel IEDI egy nemzetközi átlagos fogyasztót vesz alapul, ezért a különböző országok különböző szokásainak és elérhető élelmiszer alapanyagainak eltéréséből nemzeti szinten eltérő ADI értéket kaphatunk, ami alapján más MRL érték megállapítása lehet szükséges.

Az Európai Unióban a hatályos MRL érték megállapítását a 396/2005 EK rendelete szabályozza, a szerek engedélyezését pedig a 1107/2009 EK rendelete szabályozza. A rendeletek értelmében minden hatóanyag engedélyét bizonyos időközönként felül kell vizsgálni, illetve, ha új tudományos eredmény, technika, vagy egészségügyi incidens indokoltta teszi, akkor azonnal felül kell vizsgálnia az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóságnak. A könnyebb átláthatóság érdekében az Európai Unió weboldalán elérhető adatbázisokban könnyen kereshető egyes élelmiszerekhez és szerekhez tartozó MRL érték.[11] Mivel a citrom mellett sok egzotikus gyümölcs nagy részét az Európai Unió kívül termesztik, ezért fontos megemlíteni, hogy a harmadik országból származó áruk beléptetésénél szükséges vizsgálatokról és végrehajtásukról az EU 2017/625 és a 178/2002 EK rendelet értelmében az EU 2019/1793 végrehajtási rendelet ad pontos utasítást.

2022-ben 110.829 darab élelmiszer mintát vizsgáltak az Európai Unióban melyből 7,7% származott harmadik országból. A vizsgált mintákból 192 (1,6%) esetben mutattak ki határérték feletti szermaradványt, azonban a mérési bizonytalanságot is figyelembe véve mindösszesen 100 (0,9%) minta nem felelt meg az előírásoknak.[12] Ugyan ez a szám alacsonynak tekinthető, de ha figyelembe vesszük, hogy 92 esetben határérték körüli szermaradványt találtak, akkor beláthatjuk, hogy érdemes a rendszeres felülvizsgálatokat elvégezni, és a folyamatosan érkező tudományos

eredmények ismeretében módosítani a határértékeket, mert a termelők és forgalmazók egy része a megengedett maximum értéket célozza meg a szerek használata közben.

A fogyasztók egy része azonban nem bíz benne, hogy létezik biztonságosan alacsony dózis, egy másik része pedig tudatosan igyekszik csökkenteni a táplálkozás során bevitt vegyszerek mennyiségét, ezért olyan termékeket választanak, melyek sem a termesztés során, sem a betakarítást követően nem lettek kemikáliákkal kezelve. Ezeket a termékeket „bio” jelzéssel látják el.

A szerek applikálására számos módszert fejlesztettek ki, melyek közül a legelterjedtebbek a merítés, permetezés és leöntés.[8] A módszerek tekintetében a felhasználónak el kell érnie a minimális effektív dózist, különben a kezelés hatástalan, valamint gazdasági kár keletkezik az elpazarolt vegyszerek és a kezelés ellenére megromló áru tekintetében is. A fogyasztó szempontjából pedig a szermaradványok fogyasztás előtti eltávolítása szempontjából lehet érdekes a kezelés módja. Ez különösen fontos akkor, amikor a hatóanyag biológiailag effektív dózisa és MRL dózisa között kicsi a különbség. Imazalil esetében az effektív dózis citrusfélék kezelésénél 2-3 mg/kg, míg a meghatározott MRL 5 mg/kg.[13, 14]

Egy 2022-ben készült kutatás alapján a permetezéssel felvitt imazalil jóval kisebb koncentrációban jelent meg a gyümölcshúsban, viszont jóval nagyobb koncentrációjú oldatot kellett használni a megfelelő hatóanyagszint eléréséhez. Ezzel szemben a merítéses technológia esetén hígabb oldat esetén is elérhető volt a megfelelő penészgomba gátló koncentráció, ugyanakkor a gyümölcshúsban is jóval nagyobb koncentrációban jelent meg az imazalil.[5] A másik oldalról a fogyasztói szokások megismerése is fontos kutatási cél. A felmérések alapján a vásárlók ugyan nagy arányban (95,5%) tudták, hogy a gyümölcsöket vegyszerekkel kezelték, de az emberek jelentős része (40,21%) azért nem figyelte a felületkezelés jelzést, mert nem is tudta hol kellett volna keresnie.[15]

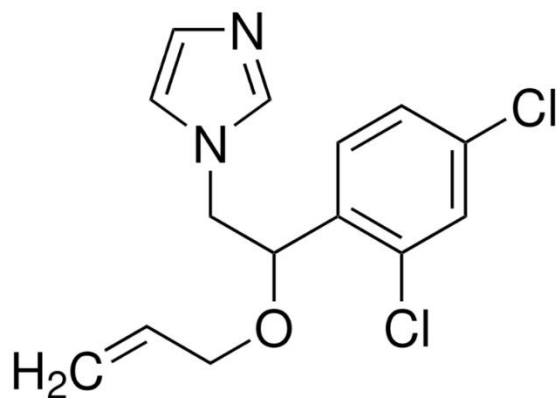
Egy nemrégiben megjelent olasz kutatás szicíliai citrusfélék esetében vizsgálta több mint 165 peszticid jelenlétét a gyümölcsök héján, albedójában¹ és gyümölcshúsában. A vizsgált citromok esetében csak a fenhexamid esetében volt a legmagasabb koncentráció a héjon. Imazalil esetében a kimutatható anyag 58%-ban az albedóban volt található, és mindössze 6% jutott be a gyümölcshúsba.[16]

¹ A fehér, szivacs-szerű réteg a citrusfélék héja és gyümölcshúsa között. <https://www.thefreedictionary.com/albedo>

A technológiai módszerek és berendezések fejlődésével egyre gyorsabban és pontosabban tudunk anyagokat kimutatni. A peszticidek növekvő tárháza és az egyre nagyobb élelmiszer termelés miatt ma már igény van olyan módszerekre, amivel gyorsan nagy számban akár több anyagot is ki tudunk mutatni. Az elmúlt években ezért egyre több kutató használt LC-MS/MS berendezést így egy mintából akár több száz anyagot tudtak párhuzamosan vizsgálni.[16, 17] Ez a vizsgálómódszer igen szenzitív és specifikus, viszont az analízis előtt mintaelőkészítést igényelt, mely a kutatásokban a QuEChERS volt.

Imazalil (C₁₄H₁₄Cl₂N₂O) - IMZ

Az imazalil, másnéven enilkonazol vagy kloramizol (lásd 1. ábra) az imidazolok csoportjába tartozó fungicid szer, mely gátolja a gombák növekedését a szterol bioszintézis gátlásával.[18] Az imazalilt először 1983-ban regisztrálták az EPA adatbázisába, és főként citromok és banánok poszt-harvest kezelésére, árpa és búza vetőmag kezelésére, valamint kizárólag nem élelmiszeripari felhasználásra szánt csirkék keltetésénél használták.[19] A felhasználási terület az elmúlt évtizedekben jelentősen bővült, többek között ma már almák, krumplik, uborkák és paradicsomok kezelésére, továbbá az állatgyógyászatban dermatofiták okozta megbetegedés kezelésére is felhasználják, ezért ezekbe az irányokba is folyamatosan folynak a kutatások.[15, 18]



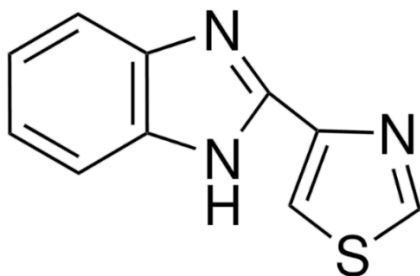
1. ábra - Az imazalil szerkezeti képlete

Az Európai Unióban való használati engedély felülvizsgálatra 2020-ban került sor, ahol MRL értékét felülvizsgálták és meghatározták (lásd 1. táblázat), ez tulajdonképpen a korábbi határérték megtartását jelentette.[14] Kísérletesen igazolták, hogy tárolás során stabil volt, így hosszan kifejtette hatását a gyümölcsön, megfelelő körülmények között: 7°C-on 28 nap után is elérte a gátló koncentrációt úgy, hogy közben végig az MRL érték alatt maradt. [20] Elfogyasztás esetén a

szervezetből gyorsan ürül, 24 órán belül több mint 90%-ban, nagyobb részt vizelettel, kisebb részben bélsárral. A szervezeten belül a máj bontja metabolitokra, nagyon kis része ürül változatlan formában. A vizsgálatoknak több mint 25 metabolitot sikerült azonosítaniuk. Toxikológiai vizsgálatok széles skáláján átesett, ezek alapján szem- és bőrirritációt okoz. Tartós magas dózisú terhelés esetén máj, vese és csecsemőmirigy megnagyobbodást tapasztaltak. A hosszútávú kutya vizsgálatok során centrolobularis hepatocytá elváltozásokat figyeltek meg. Egereken folytatott hosszútávú kísérletek pedig a szer karcinogén mivoltát igazolták, ahol máj adenomák alakultak ki. Az IPCS értékelése alapján azonban a karcinogén hatás emberekre nem értelmezhető, így a vizsgálóbizottság álláspontja szerint jelenleg nem karcinogén, nem genotoxikus, és nem teratogén emberek tekintetében. A FAO és a WHO ezen kutatások alapján megállapította, hogy az imazalil ADI értéke 0-0,03 mg/ttkg, az ARfD értéke pedig 0,05 mg/ttkg.[18] Ezek alapján ugyan az imazalil komoly toxikológiai veszélyt jelenthet, azonban a tartós alacsony dózisú terhelést a szervezetünk tolerálni képes.

Tiabendazol (C₁₀H₇N₃S) – TBZ

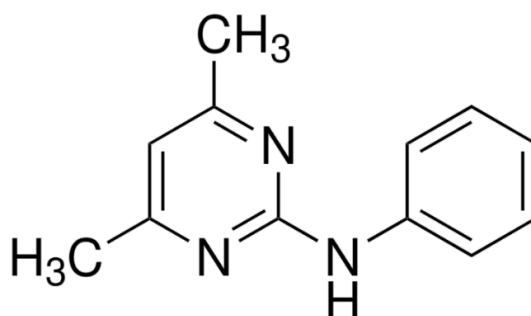
A tiabendazol (angol neve thiabendazol) egy benzimidazol részt tartalmazó vegyület (lásd 2. ábra). Használják fungicid hatása miatt, valamint az állatgyógyászatban és emberek esetén anitparazitikumként. Hatásmechanizmusa nem tisztázott. Először 1970-ben vette fel a vizsgálandó szerek listájára a WHO, akkor az ADI értéket 0,3 mg/ttkg értékben határoztak meg, majd a későbbiekben az új kutatások hatására 0,1 mg/ttkg értékre mérsékelték. A medián letális dózis meghatározás vizsgálatok során 2000 mg/ttkg adagolásig folytatták a kísérleteket, de nem sikerült értékelhető eredményt elérni, tehát ilyen szempontból kimondottan biztonságos szerről van szó.[21] A FAO és a WHO által 2019-ben kiadott JMPR toxikológiai jelentésének második részében foglaltak alapján a tiabendazol nem neurotoxikus, és nem immunotoxikus. A döntés alapját patkányokon és egereken végzett rövid és hosszú távú kísérletek adták.[22]



2. ábra - Tiabendazol szerkezeti képlete

Pirimetanil (C₁₂H₁₃N₃) – PMT

A pirimetanil (angol neve pyrimethanil) egy anilinopirimidin vegyület (lásd 3. ábra). Hatására a gombák enzim szelekciója gátlás alá kerül, ezért fungicid poszt-harveszt peszticidként alkalmazzák. Elsősorban szőlő és eper *Botrytis cinerea* fertőzésének megelőzésére használták, azonban mára számos más területen is felhasználják, például citromok kezelésére.[23]



3. ábra – Pirimetanil szerkezeti képlete

Engedélyezési folyamata az Európai Unióban 2007-ben zárult le és MRL értékét 8,0 mg/kg-ban határozták meg.[23] 2013-ban a FAO és a WHO által kiadott éves peszticid maradványanyagokról szóló jelentés szerint a pirimetanil időszakos felülvizsgálatát elvégezték, az időközben publikált kutatások eredményeire hivatkozva a 2007-ben megállapított MRL és ADI értéket helyben hagyták (lásd 1. táblázat).[24] Az Amerikai Egyesült Államokban már korábban is használták, ezért az Unió engedélyezéskor már korábban elvégzett kutatások nagy számban rendelkezésre álltak. Vizsgálták a szervezeten belüli útját és kiürülését. A vizsgálatok során a szervezeten belül főleg a vérplazmában volt jelen és egyszeri dózis esetén 24 óra után több mint 95%-ban ürült, főként vizelettel. A kutatásokat a 2007-es jelentés összegezte és megállapították, hogy a szer nem mutagén, nem genotoxikus, nem irritálja a bőrt, nem teratogén, és nem toxikus az embriókra.[23]

1. táblázat - Vizsgált peszticidek fontosabb tulajdonságai [25–28]

Hatóanyag	Imazalil	Tiabendazol	Pirimetanil
Molekulatömeg	297,20	201,25	199,25
Oldhatóság vízben (g/l)	0,184	0,030	0,110
Oldhatóság etanolban (g/l)	500<	7,9	176,0
MRL (citrom) (mg/kg)	5,0	7,0	8,0

A citrom, mint élelmiszer

A citrom egy sárga, savanyú gyümölcs, ami a mai India területéről származik és mára meghódította a világ konyháit. Európába az arab kereskedők hozták be a középkorban. Azóta számos országban a nemzeti konyha elengedhetetlen alapanyaga lett. A globalizáció hatására a nemzeti konyhák jelentős hatást gyakorolnak egymásra, és a globális kereskedelem megteremti a lehetőséget is, hogy az alapvetően mediterrán gyümölcs mindenhol elérhető legyen.

A magyar gasztronómia is jelentős mértékben használja a citromot. Ezt az is alátámasztja, hogy egy közkezdelt magyar recept- és gasztromagazin online elérhető receptgyűjteményében több mint 5.000 olyan receptet találtam, amibe a citromot valamilyen formában felhasználták. Ezek között megtalálhatóak sütemények, levesek, sülték, halételek, főzelékek, limonádék és koktélok. Édességek esetén rendszerint a citrom héjat használták frissen reszelve vagy kandírozva. Levesek és főzelékek esetében frissen csavart citromlevet javasoltak. Alkoholos és alkohol mentes italok esetében az ízesítésen túl hámozatlan citromszeletek díszítésként is felhasználták.[29, 30]

A citrom sikereit azonban nem csak ízének, hanem a széles körben ismert jótékony hatásainak is köszönheti. Talán legismertebb hozzá fűződő orvosi felfedezés, hogy gyógyítja a skorbutot. Ezt a felfedezést még 1753-ban tette James Lind, aki az Angol Királyi Haditengerészet orvosa volt, és kutatásai nyomán a tengerészek között gyakran előforduló, akár halálos kimenetelű betegséget sikerült gyógykezelnit, megelőzni.[31] Ezen túlmenően, világhálót böngészve villámgyorsan egy tucat olyan weblapot találtam ami a citrom jótékony egészségügyi hatásaival foglalkozik. Ezeken a weblapokon egyaránt találtam tudományosan bizonyított állítást és teljesen fals néphiedelmeket is. A teljesség igénye nélkül felsorolom pár perces internetes kutatómunkám eredményét, hogy milyen ellenőrizetlen állításokkal találkozhat az olvasó: a citrom immunerősítő, csökkenti a stroke kialakulásának kockázatát, csökkenti a koleszterin szintet, gátolja a vesekő kialakulását, segíti az emésztést és a tápanyagok felszívódását, mérsékli a gyomorégést, serkenti a gondolkodást, antibakteriális hatású, csökkenti a vérnyomást és csökkenti a diabétesz kialakulásának esélyét.[32–34] A felsorolás alapján látható, hogy a néphagyomány csodaszerként tekint rá, és rendszeres fogyasztása a bizonyított jó hatásai miatt a tudomány mai állása szerint is előnyös. Ezért kiemelten fontos, hogy a szükségesnél nagyobb mértékbe ne szennyezzük ezt az igen értékes és egészséges élelmiszer alapanyagot.

3. Célkitűzések

Mivel régóta ismeretes, hogy az általunk használt peszticidek bizonyos mértékben károsak a fogyasztók egészségére is, ezért külön figyelmet kell szentelni annak, hogy megismerjük azt is, milyen mértékben képesek ezen vegyületek az ételeinkbe és italainkba jutni. Ez a tudás a korábbi kutatásokkal karöltve segíthet bebizonyítani, hogy a korábban használt MRL értékek megfelelően védik az egészségünket, avagy további szigorítások szükségesek.

Ezen kutatás célja, hogy megismerjük mely tulajdonságok és milyen mértékben befolyásolják az imazalil, tiabendazol és pirimetanil oldódását főként italokban, és néhány levesben. A kutatást Ivacs Vince *Posztharvest fungicidek kioldódásának vizsgálata italokban és levelekben* című dolgozata ihlette, melyet 2022 november 23-án adott elő a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Intézményi Tudományos Diákköri Konferencián. A kutatás során imazalil és tiabendazol italokba oldódását is kutatta, de az előzetes elvárásokhoz képest nem sikerült igazolnia, hogy a pH vagy a hatóanyagok oldhatósága magyarázná az oldódás mértékét, viszont feltételezése szerint összefüggés lehet az oldatok szárazanyag-tartalmával.[35]

Kísérlet tervezés közben előtérbe helyeztük, hogy olyan italokat válasszunk, melyek fogyasztása során valóban használunk citromot, amit akár pucolás nélkül helyezünk a poharunkba. Továbbá a kísérlet hosszát igyekeztünk ahhoz igazítani, hogy egy pohár ital vagy üdítő mennyi idő alatt fogy el. Mivel a korábbi vizsgálat alapján felmerült a gyanú, hogy az oldódást a szárazanyag-tartalom befolyásolja, ezért ebbe az irányba folytattuk a kutatást. Az italminták számát kibővítettük, hogy vizsgáljuk mely tulajdonságok befolyásolhatják még az oldódás folyamatát. Például a hőmérséklet vagy a szárazanyag minősége.

Alkoholos italok terén több tömény italt, koktélok, többféle sört és alkoholmentes sört is felvettünk a vizsgálandó anyagok listájára. Üdítőitalok esetében cukormentes változatot hasonlítottunk össze a cukorral édesítettel. Teák esetében az eltérő fogyasztói szokások miatt cukorral, mézzel és édesítés nélküli változatokat vetünk össze. A hőmérséklet befolyásoló hatását jeges koktél, és forró tea segítségével vizsgáljuk.

Másik célkitűzésünk az volt, hogy összehasonlítsuk a MATE és az ÁTE által kidolgozott kimutatási módszert, ezért az általunk eltérően megtervezett kísérletek mellett párhuzamosan elvégeztük az Ivacs Vince által tervezett oldódási kísérletet is.[35] A különböző módszerek eltérő előnyökkel és hátrányokkal járnak. Az ideális módszer egyszerű, gyors, olcsó, pontos, érzékeny,

nagyszámban is elvégezhető és automatizálható. Mivel az esetek nagy többségében a feltételek közül nem mindegyik teljesül egyszerre, ezért a célnak megfelelően kell módszert választani.

Az anyagbeszerzés során felmerült további kérdésként, hogy egy lime héjon érlelt alkoholos ital esetén a kész termékben van-e jelen poszt-harveszt peszticid szermaradvány.

4. Anyag és módszer

4.1 Citromminták

Az összehasonlító vizsgálatok elvégzéséhez ugyanazon minta feldolgozása az ideális, ezért felvettük a kapcsolatot a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Budai Campusával, és az általuk már előkészített, homogenizált és fagyasztott mintával dolgoztunk. A minta származásának, előkészítési folyamatának, homogenizálásnak és tárolásának pontos leírata megtalálható Ivacs Vince TDK dolgozatában.[35] A citrom mintát fagyasztott állapotban szállítottuk, majd további felhasználásig fagyasztva tároltuk, mivel így a fungicidek bomlása jelentősen lassítható.[36] Mivel a citromminta mennyisége korlátozó tényezőként lépett fel a kísérletben, ezért első lépésként ellenőriztük, hogy rendelkezésre áll a szükséges mennyiségű citrom darab. Az ellenőrzéshez 5 véletlenszerűen kiválasztott citromdarabot főzőpohárba tettünk és egy Precisa 404 MSC gyorsmérleggel lemértünk, majd ezt még 4 alkalommal megismételtük úgy, hogy a már kivett darabok nem kerültek vissza a mintatárolóba. Az 5 mintamérés alapján a citromdarabok átlagos tömege 7,256 gramm, ami alapján a teljes kísérlet elvégzéséhez elegendő minta rendelkezésre állt.

4.2 Ital és leves minták

4.2.1 Mintaválasztás és a minta származása

Ivacs Vince kutatásából kiindulva az általa is vizsgált italokat (sör, kóla, gabonapárlat) vizsgáltuk, de a listát bővítettük, hogy további tulajdonságokat is vizsgálni tudjak.

A kísérlet során kontrollként a laborban előállított desztillált vizet és etanolt (100% etanol, VWR by AVANTOR) használtunk. A kísérlet során felhasznált élelmiszereket helyi élelmiszerboltokból szereztük be (lásd 4. ábra). A termékek pontos megnevezése az M1 mellékletben található. Az első anyagcsoportba különböző vizeket választottunk, mert bevett szokás vizeinket fogyasztás előtt citrommal ízesíteni. Vizsgálandó anyagok közé került csapvíz, melyet az Állatorvostudományi Egyetem budapesti campusának L épületében lévő laborszobában vételeztünk, otthon szénsavdúsított csapvíz melyet Budapest XI. kerületében vételeztünk majd SodaStream készülék segítségével széndioxiddal dúsítottunk és felhasználásig az eszközhöz tartozó műanyag palackban tároltuk, valamint szénsavas ásványvíz. Célunk a választással a szénsavas és a nem szénsavas vizek összehasonlítása volt. A kóla esetében a kísérletet cukormentes változattal bővítettük, így a cukor hatását tudtam vizsgálni. A tea minták elkészítéséhez filteres teafüvet, az ízesítéshez kristálycukrot,

valamint virágmézet használtunk. A sörök esetében világos sör mellett barna sört, búzasört és alkoholmentes búzasört választottunk, mivel így az oldatban lévő alkohol hatását tudtuk vizsgálni. A sörfogyasztási kultúra miatt, miszerint a búzasörbe szokás citromkarikát rakni, választottunk az alkoholmentes sörök közül a búzasört. Az összehasonlító vizsgálat miatt vodkával is elvégeztük a kísérletet és whiskyre is kiterjesztettük a vizsgálatot. Az alkoholos italok terén a citrom jellemzően koktélok készítése során kerül a poharunkba, ezért a vizsgálatban két koktélt is bevontunk. A koktélok kiválasztása során azért esett a választásunk az Aperol Spitzre, mert ez egy igen jellegzetes nyári ital, mely nem csak Magyarországon, de a tengerparti vendéglátóhelyeken is igen közkedvelt. A Caioinha pedig azért került kiválasztásra, mert a tiszta vodka és a tiszta whisky alkohol fokával hasonló a kész ital, viszont a hozzáadott cukor miatt a szárazanyag tartalma várhatóan jóval magasabb lesz. A koktélok a *Koktélok - Larousse - 100% siker, 100% élvezet* című könyvben leírt receptek szerint készítettem el.[37] A krémlevesek pedig a várható magas szárazanyag tartalom miatt kerültek be kutatásba.

Anyagbeszerzés közben találtunk egy újfajta whisky fajtát, melyet lime ágyon érleltek, ezért maradékanyag keresése céljából bevontunk a kísérletbe.



4. ábra - Felhasznált alapanyagok

4.2.2 Ital- és ételkészítési kísérletek

A tea minták elkészítése során célunk az volt, hogy minél homogénebb legyen az alapanyag, ezért egy liter űrtartalmú főzőpohárban forraltunk vizet melyet az Állatorvostudományi Egyetem budapesti campusának L épületében lévő laborszobában vételeztünk, majd 3 teafiltert helyeztünk a vízbe, melyeket 5 percen át áztattunk, majd eltávolítottunk. Ezt követően tiszta előre megjelölt 100 milliliter űrtartalmú mérőhengerrel segítségével 9 egyenként 100 milliliter űrtartalmú előre megjelölt főzőpohárba 50-50 milliliter teát mértünk ki. 3 mintába 1-1 kiskanál cukrot mértünk be és oldottunk fel, 3 mintába pedig 1-1 kiskanál mézet mértünk be és oldottunk fel. A pontosabb kép érdekében előzetesen 5 kiskanál segítségével vizsgáltuk, hogy egy átlagos kanál cukor hány gramm cukornak felel meg. Mind az 5 kanál esetében 3 próbamérést végeztünk a már korábban említett Precisa 404 MSCS gyors mérleggel. A mérési eredmények alapján egy átlagos kiskanál cukor 5,526 gramm. Méz esetében egyetlen kanalat használtunk, mellyel szintén 3 próbamérést végeztünk el a Precisa 404 MSCS gyorsmérlegen. Ez esetben azt találtuk, hogy a kísérletben használt kiskanállal egy kanál méz átlagosan 5,101 gramm. Az így elkészült teákat hagytuk szobahőmérsékletűre hűlni, majd közvetlenül a citromdarabok behelyezése előtt a folyamatot megismételtük, hogy forró teamintákon is elvégezhesük a kísérletet.

Aperol Spitz elkészítéséhez a recept szerint 40 milliliter Aperolt, 100 milliliter olaszrizling típusú bort és 100 milliliter szénsavas ásványvizet kell összekeverni, mivel a tervezett kísérletekhez ez elegendő, ezért a megadott mennyiségeket változtatás nélkül mértük ki 100 milliliter űrtartalmú tiszta mérőhenger segítségével egy előre feliratozott tiszta 500 milliliter űrtartalmú főzőpohárba. Az elkészült koktélt az Aperol csomagolásán elhelyezett színskála segítségével ellenőriztük, hogy a megfelelő keverési arányt értünk-e el. A kész minta színe szemrevételezés során megegyezett a csomagoláson ideálisnak jelzettel (lásd 5. ábra).



5. ábra - Aperol Spitz színének ellenőrzése

Caioinha elkészítése során a recept szerint 50 milliliter barna rumot, 2 kiskanál cukrot és 5 darab jégkockát kell összekeverni. Ez a mennyiség kevés lett volna a tervezett vizsgálatok elvégzéséhez, ezért háromszoros adagot (150 milliliter barna rumot, 6 kiskanál cukrot, 15 darab jégkockát) mértünk be egy előre feliratozott 500 milliliter űrtartalmú főzőpohárba tiszta 100 milliliter űrtartalmú tiszta mérőhenger segítségével. A jégkockák tömegét egy Precisa 404 MSCS gyorsmérleggel lemértük és azt találtuk, hogy 5 darab jégkocka átlagos tömege 67,784 gramm. A hőmérsékleti vizsgálatokhoz ezért az korábbiakhoz hasonlóan elkészített Caioinha esetében jég helyett összesen 210 milliliter csapvizet kevertünk. A csapvizet ez esetben is a laborszobában vételeztük.

A zacskós levesek esetében mind a három féle leves esetében követtük a csomagoláson jelzett elkészítési javaslatot, ami minden esetben megegyezett. A tasakban található port egy 500 milliliter űrtartalmú főzőpohárba helyeztük, majd a főzőpoharat jelig töltöttük forró vízzel. A leveseket tiszta laborkanállal csomómentesre kevertük (lásd 6. ábra) és legalább 5 percet vártunk mielőtt a kísérletben felhasználtuk.



6. ábra - Kész levesek

A citromminta esetében minden italba és ételbe 1-1 szelet citromot terveztünk helyezni. Mivel a peszticid kezelés sem minden esetben egységesen homogén, és a citromszeletek méretében is volt eltérés ezért minden vizsgált ételhez és italhoz 3-3 mintát terveztünk elkészíteni. A pontosabb eredmények érdekében minden citromszeletet lemértünk egy Precisa 92 SM-202A analitikai mérleggel. Habár a citromszeletek szemmel láthatóan egységes méretűek voltak a tömegmérés alapján jelentős eltérés mutatkozott. A legkisebb citrom 2,3424 gramm, míg a legnagyobb 10,5561

gramm, az átlag pedig 6,1868 gramm volt. A mérések eredményét Excel táblába gyűjtöttük (lásd 2. táblázat). A lemért citromokat megjelölt tiszta főzőpohárban helyeztük (lásd 7. ábra), így kísérlet során nyomon tudtuk követni melyik citrom melyik italmintába vagy ételmintába került.

2. táblázat - Citromminták mérlegnaplója (részlet)

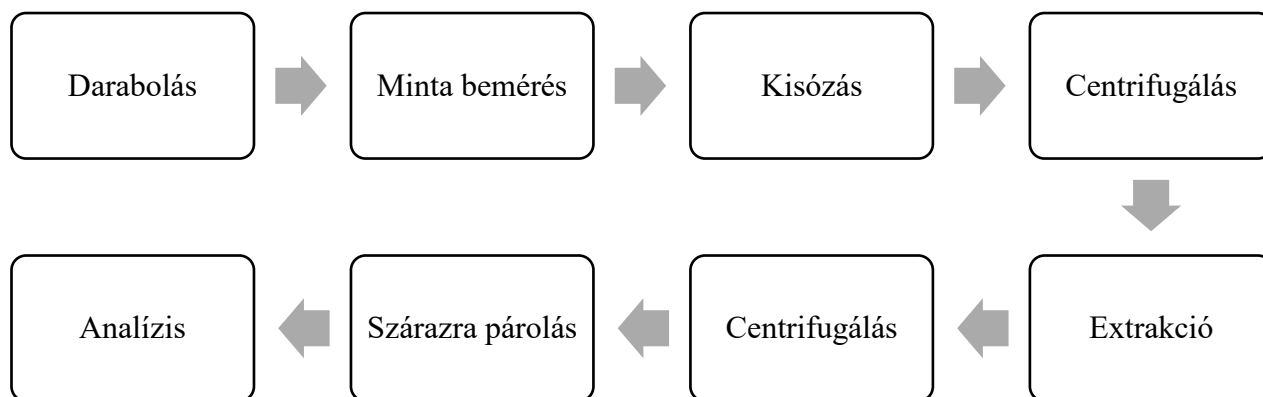
Ssz.	Dátum	Bemért anyag neve	Tára (g)	Nettó tömeg (g)
1	2023.07.19	Citrom 1	18,9995	7,6013
2	2023.07.19	Citrom 2	19,1696	7,7683
3	2023.07.19	Citrom 3	18,9613	9,7840
4	2023.07.19	Citrom 4	18,7951	8,3084
5	2023.07.19	Citrom 5	18,7296	5,8063
6	2023.07.19	Citrom 6	18,8201	6,2766
7	2023.07.19	Citrom 7	19,0262	7,9795



7. ábra - Mérlegelt citromminták

4.3 Mintaelőkészítés

A citrom felületén jelenlévő maradékanyagok kimutatásához 10 citrommintát különítettünk el. A mintákat QuEChERS módszerrel (lásd 8. ábra) készítettük elő az analízishez. Az eljáráshoz 10 gramm mintát mértünk ki egy Precisa 92 SM-202A analitikai mérleg segítségével (lásd 3. táblázat) egy 50 milliliteres PTFE mintatároló edénybe. A mintákhoz 8 µl 100.000 ng/ml IMZ-D (by Sigma-Aldrich) oldatot adagoltunk, amit a kalibrációhoz használtam belső sztenderdként, valamint 10 ml acetonitril hozzáadása után 1 percig intenzíven ráztuk a mintákat. Az oldatból ez után a zavaró anyagokat kisózással távolítottuk el, amihez 4 gramm MgSO₄ sót és 2,5 gramm puffer só-mixet használtunk fel. A puffer só-mix összetétele: 1 gramm NaCl, 1 gramm trinátrium-citrát, 0,5 gramm dinátrium-hidrogén-citrát. A felhasznált só keveréket a laborban már előre összemérték és zárható fiolákban tárolták. A só hozzáadása után ismét egy perc intenzív rázás következett. A mintákat ezután 5 percre centrifugába helyeztük mely szobahőmérsékleten 6000 rpm (fordulat/perc) sebesség mellett működött. Centrifugálást követően a felülúszóból 6 millilitert átmértünk egy másik 50 milliliteres PTFE mintatároló edénybe, melybe előzőleg 750 mg MgSO₄ és 125 mg PSA (Sigma-Aldrich) lett bemérve. Ez után ismét intenzív rázás következett, mely ez esetben fél percig tarott. Rázást követően ismét centrifugával távolítottuk el a kicsapódó szilárd fázist. A centrifugálás ebben a lépésben is szobahőmérsékleten történt, 5 percig tartott és a centrifuga 6000 rpm sebességre lett állítva. A második centrifugálás után 4 ml felülúszót átpipettáztunk egy kémcsőbe. A mintát 40 µl 5%-os hangyasavval savanyítottam, majd 45°C-on szárazra pároltam. A mintát 1 ml 0,1%-os hangyasav/acetonitril oldatban visszaoldottam és végül az analízis előtt szűrtem 0,22 µm pórusátmérőjű PVDF fecskendőszűrővel.



8. ábra - QuEChERS folyamatábra

3. táblázat – A maradékanyag kimutatáshoz felhasznált citromminták mérlegnaplója

Ssz.	Dátum	Bemért anyag neve	Tára (g)	Nettó tömeg (g)
1	2023.07.18	H01	NA	10,0736
2	2023.07.18	H02	42,5809	10,0311
3	2023.07.18	H03	41,2746	10,0622
4	2023.07.18	H04	42,6060	10,0027
5	2023.07.18	H05	43,6830	10,0572
6	2023.07.18	H06	42,8199	10,0078
7	2023.07.18	H07	41,1778	10,0440
8	2023.07.18	H08	42,4238	10,0077
9	2023.07.18	H09	42,9250	10,0683
10	2023.07.18	H10	42,7996	10,0883

Az oldódási kísérletben az előzőleg tömegmérésen átesett citromdarabokkal dolgoztunk. Mivel a citromok tömege jelentős szórást mutatott, illetve a citromok héján lévő szermaradványok eloszlása inhomogén lehet, ezért a kísérlet során minden esetben 3 párhuzamos vizsgálatot végeztünk. A desztillált víz, etanol, csapvíz, otthon szénsavdúsított csapvíz, szénsavas ásványvíz, kóla, cukormentes kóla, búzasör, alkoholmentes búzasör, világos sör, barna sör, vodka és whisky esetében a kész termékkel végeztük el a kísérletet. Megbontást követően 50-50 millilitert mértünk ki belőlük tiszta 100 milliliter űrtartalmú mérőhenger segítségével 3-3 tiszta 100 milliliter űrtartalmú tiszta előre megjelölt főzőpohárba. A teák, koktélok és levesek esetében az előző alfejezetben leírtak után fogtunk neki a mintaelőkészítésnek. Ez esetben is 3 párhuzamos vizsgálathoz 50-50 milliliter folyadékot mértünk ki 100 milliliter űrtartalmú tiszta mérőhenger segítségével 3-3 100 milliliter űrtartalmú tiszta előre megjelölt főzőpohárba.

Kontrollként minden alapanyagból vettünk mintát. Csapvíz, otthon szénsavdúsított csapvíz, szénsavas ásványvíz, kóla, cukormentes kóla, szobahőmérsékletű tea, alkoholos búzasör, alkoholmentes búzasör, világos sör, barna sör, Aperol, olasz rizling, whisky, cukor oldat és méz

oldat esetében 6 milliliter mintát, rum esetében 2,5 milliliter mintát, a levesek esetében pedig 10 gramm mintát tettünk félre a kísérlet megkezdése előtt. A levesminták tömegét egy Precisa 92 SM-202A analitikai mérleggel mértük ki. A többi minta esetében a kiméréshez pipettát használtunk és a mintákat előre jelölt tárolóba mértük ki.

Az előkészített mintákba sorba belehelyeztük az előzetesen melléjük készített lemért citromdarabokat (lásd 9. ábra) és 15 percen át ázni hagytuk. Az áztatás után a behelyezéshez hasonló ütemben eltávolítottuk a behelyezett citromokat. Az időt stopper órával mértük, és a megfelelő ütemezéshez az első minta behelyezéséhez képest eltelt időt a többi minta esetén feljegyeztük, és eltávolításkor figyelembe vettük, így minden minta esetében ténylegesen 15 percig tartott az áztatás. Az áztatás idejét önkényesen választottuk meg, és azon a feltételezésen alapul, hogy egy pohár ital körülbelül 15 perc alatt fogy el.



9. ábra – Citromszeletek előkészítése

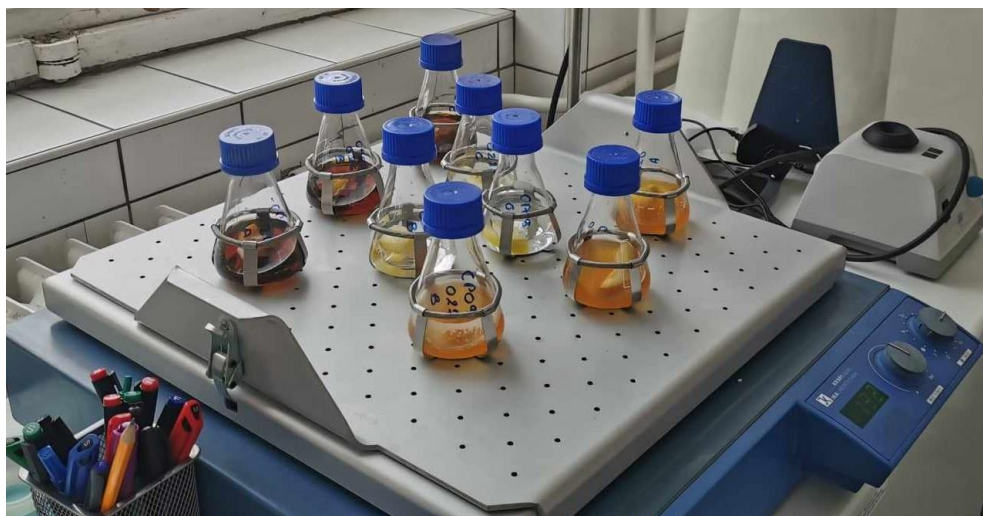
A szárazanyag-tartalom meghatározáshoz a citromdarabok eltávolítását követően minden mintából 5 millilitert előre megjelölt kémcsövekbe mértünk pipetta segítségével.

Belső sztenderdként ez esetben is IMZ-D oldatot használtunk. A maradék 45 milliliter mintához 56 μ l 10.000 ng/ml IMZ-D oldatot adagoltunk. A kontroll vizsgálatok esetében a 6 milliliteres mintákhoz 7,5 μ l 10.000 ng/ml IMZ-D oldatot mértünk. A rum 2,5 milliliteres kontroll mintájához 3,1 μ l 10.000 ng/ml IMZ-D oldatot adagoltunk. A levesek 10 grammos kontroll mintákat pedig 8 μ l 100.000 ng/ml IMZ-D oldattal egészítettük ki.

A szénsavas minták esetében a jelenlévő szénsav a továbbiakban gátolja a mintafeldolgozást ezért ezen mintákat (otthon szénsavdúsított víz, szénsavas ásványvíz, kóla, cukormentes kóla, alkoholos búzasör, alkoholmentes búzasör, világos sör, barna sör és Aperol Spitz) ultrahangos tisztítókádba (Realsonic 57 F) helyeztünk 2 percre. A levesmintákon kívül minden mintából 40 µl-t 0,22 µm pórusátmérőjű PVDF fecskendőszűrővel szűrtünk, majd 160 µl ACN:víz 1:1 elegyével hígítottunk 200 µl-es végtérfogatra. Az analízist ezeken a mintákon végeztük el.

A levesmintákat a korábban ismertetett QuEChERS módszerrel készítettük elő az analízishez, de mivel az IMZ-D oldatot már hozzáadtuk a mintákhoz, ezért a mintabemérés lépésnél ezt már nem adtuk hozzá.

A MATE és ÁTE által használt technikák összehasonlításához kóla, vodka és alkoholos búzasört használtunk fel. Mindegyik italból 3 mintát készítettünk elő. Mintánként 50 millilitert mértünk tiszta 100 milliliter űrtartalmú mérőhenger segítségével üveg lombikba. Az így kapott 9 mintába 1-1 előre lemért citromdarabot helyeztünk, majd a lombikokat 2 órán át kevertettük egy IKA KS 501 rázóasztalon (lásd 10. ábra). A keverést követően a citromdarabokat eltávolítottuk, majd a mintákból szárazanyag-tartalom meghatározás céljából 5 millilitert kémcsövekbe mértünk át pipetta segítségével. Belső kontrollként itt is a maradék 45 milliliter mintához 56 µl 10.000 ng/ml IMZ-D oldatot adagoltunk. A kóla és a sör minta esetében a szénsavat ultrahangos tisztítókád (Realsonic 57 F) segítségével eltávolítottuk, majd az összes esetben 40 µl mintát 0,22 µm pórusátmérőjű PVDF fecskendőszűrővel szűrtünk majd hígítottunk 160 µl ACN:víz 1:1 elegyével 200 µl-es végtérfogatra. Az analízishez ezen mintákat használtuk fel.



10. ábra - Minták a rázóasztalon

A késztermék maradékanyag vizsgálatához a lime héjon érlelt whiskyből 6 millilitert mértünk ki majd 7,5 µl 10.000 ng/ml IMZ-D oldatot adtunk hozzá. Végül 40 µl szűrt mintát hígítottunk 160 µl ACN:víz 1:1 elegyével 200 µl-es végtérfogatra, és ezen a mintán végeztük el az analízist.

4.4 Műszeres mérések

4.4.1 Szárazanyag-tartalom, pH és hőmérséklet mérések

Minták pH mérése

Az oldhatósági kísérletben felhasznált mintákat a citromdarabok behelyezése előtt vizsgáltuk pH szempontjából. A pH meghatározásához egy Orion Versa Star Pro készüléket használtunk. Az adatokat Excel segítségével rögzítettük (lásd 4. táblázat).

4. táblázat - pH mérés napló (részlet)

Minta neve	Minta kódja	pH (citrom nélkül)			átlag	szórás	RSD
		A	B	C			
desztillált víz	CP09/001/A;B;C	5,06	4,93	4,99	4,99	0,07	1,30
etanol	CP09/002/A;B;C	7,34	7,58	7,41	7,44	0,12	1,66
csapvíz	CP09/003/A;B;C	6,96	7,17	7,19	7,11	0,13	1,79
otthon szénsavdúsított csapvíz	CP09/004/A;B;C	4,98	5,09	4,99	5,02	0,06	1,21
szénsavas ásványvíz	CP09/005/A;B;C	5,479	5,542	5,485	5,50	0,03	0,63
kóla	CP09/006/A;B;C	2,502	2,502	2,506	2,50	0,00	0,09

Hőmérséklet mérések

Az oldhatósági kísérletben felhasznált minták hőmérsékletét a citromdarabok behelyezése előtt üveg hőmérővel megmértük, és az adatokat Excel segítségével rögzítettük (lásd 5. táblázat). A forró tea, a jeges Caioinha és a leveseken kívül az alapanyagokat a laborban tároltuk úgy, hogy közvetlen napfény ne kapjanak. A tárolási alatt minden alapanyagnak megfelelő idő állt rendelkezésre, hogy felvegye a környezete hőmérsékletét.

5. táblázat - Hőmérsékletnapló (részlet)

Minta neve	Minta kódja	Minta hőmérséklete (°C)		
		A	B	C
desztillált víz	CP09/001/A;B;C	26,1	25,4	25,8
etanol	CP09/002/A;B;C	24,5	24,3	24,4
csapvíz	CP09/003/A;B;C	25,7	25,8	25,5

Szárazanyag-tartalom mérése

A citromdarabok áztatását követően levett 5 milliliteres minták szárazanyag-tartalmát egy VWR MBG 163L gyors nedvesség meghatározó készülékkel határoztuk meg. A kapott adatokat Excel táblázatba rögzítettük (lásd 6. táblázat).

6. táblázat - Szárazanyag-tartalom adattábla (részlet)

Minta neve	Minta kódja	Térfogata (ml)	Szárazanyag-tartalom (%)			átlag	szórás	RSD
			A	B	C			
desztillált víz	CP09/001/A;B;C	5	0,04	0,04	0,05	0,04	0,01	13,32
etanol	CP09/002/A;B;C	5	0,36	0,35	0,35	0,35	0,01	1,63
csapvíz	CP09/003/A;B;C	5	0,53	0,26	0,06	0,28	0,24	83,25

4.4.2 Peszticid mérések

Az előkészített minták IMZ, TBZ és PMT mérését LC-MS/MS módszerrel végeztük egy Shimadzu LCMS-8030Plus rendszeren. Az elválasztás során a kromatográfiás oszlop egy Phenomenex Kinetex C18 EVO, 50x4,5 mm ID (2,6 µm részecskeméret) kolonna volt, melyet egy 4x2 mm C18 EVO védőkolonna védett. Gradiens elúciót alkalmaztunk, ahol az A jelű eluens 50 mM ammónium-acetát volt vízben oldva (pH=5 ecetsavval), a B jelű eluens pedig 0,1% (v/v%) hangyasav acetonitrilben oldva. Az áramlási sebesség 0,3 ml/perc. A mérések egyenként 8 percig

tartottak. A kolonnatér hőmérséklete 30 °C, a mintaadagoló hőmérséklete 5 °C. A beinjektált térfogat 10 µl volt.

ESI ionforrást használtunk pozitív ionizációs polaritással, MRM módban. Interface: 4,5 kV, interface hőmérséklet: 250 °C, desolvation line: 300 °C, heat block: 350 °C, detektor feszültség: 1,78 kV, porlasztó gáz (N₂): 3 l/perc, szárítógáz (N₂): 15 l/perc, ütközési gáz (Ar): 230 kPa.

A mennyiségi méréshez belső sztenderdes kalibrációt alkalmaztunk, amihez IMZ-D oldatot használtunk belső sztenderdként. A módszer alapja, hogy az adatgyűjtő szoftver az ismert koncentrációban adagolt IMZ-D kromatográfiás csúcsterületéhez viszonyítja a vizsgálandó anyagok kromatográfiás csúcsterületét. A koncentráció arányok függvényében kiszámolja a kalibrációs egyenest, végül a kalibrációs egyeneshez viszonyítva számítja ki a vizsgálandó anyagok koncentrációját.

Az ismert koncentrációkkal jelölt minták mátrix-illesztett kalibrációja segít kiküszöbölni a háttérhatásokat, amiket jelen lehetnek komplex mintáinkban, és zavarhatják a pontos mérést.

A kalibrációt akkor tekintettük megfelelőnek, amikor a kalibráció során használt 11 pontból legalább 9 esetben $\pm 15\%$ -os pontossággal határozta meg a bemérési koncentrációt a meghatározott kalibrációs egyenes. Amennyiben valamely kalibrációs pont nagyobb mértékben tért el az egyenestől, figyelmen kívül hagytuk. A minta kalibrációjának elfogadásához az kalibrációs egyenes r^2 értékének legalább 0,99-nek kellett lennie. A kontroll mintákat és a kísérleti mintákat is háromszor injektáltuk.

A módszer alsó kimutatási határa 0,1 ng/ml (ng/g), az alsó mérési határa 0,5 ng/ml (ng/g) volt.

4.5 Adatfeldolgozás

Az LC-MS/MS analízis során kinyert adatokat SHIMADZU LabSolutions® software segítségével dolgoztuk fel. Az összes mérési eredményt végül Excel segítségével egyetlen fájlba összesítettük, majd az elvégzett statisztikai számításokat is az Excel segítségével hajtottuk végre.

5. Eredmények és megbeszélésük

5.1 Szermaradvány kimutatása késztermékből

Ugyan a célkitűzések közül az utolsó volt, hogy szermaradvány jelenlétét ellenőrizzük lime héjon érlelt whisky esetében, az eredmények rendezése után mégis ez az érték foglalkoztatott a legjobban. Számomra igen meglepő és egyben megnyugtató módon ebben a mintában nem volt jelen kimutatható mennyiségben tiabendazol vagy pirimetanil, és imazalil is csak elenyésző 0,05 ng/ml mennyiségben (lásd 7. táblázat). Tehát a mérések alapján ez a termék ilyen szempontból biztonságosan fogyasztható.

7. táblázat - Vizsgált minták imazalil koncentrációja (részlet)

Sample Name	Sample ID	Conc. ng/g (calc)		Conc. ng/g (calc)		Conc. ng/g (calc)
Balantine's Brazil	CP09/WL/K	0,05	átlag:	0,05	átlag:	0,05
Balantine's Brazil	CP09/WL/K	0,05	szórás:	0,00	szórás:	0,00
Balantine's Brazil	CP09/WL/K	0,05	RSD:	0,00	RSD:	0,00

5.2 Szárazanyag-tartalom meghatározások

A vártak megfelelően a legtöbb minta szárazanyag-tartalma 10% alatt volt. Az oldhatósági kísérletekhez fontos adatokat is sikerült meghatároznunk. Külön említeném az összehasonlításhoz tervezett italpárok eredményeit. A cukros kóla átlagos szárazanyag-tartalma 11,90% (szórás: 0,03; RSD: 0,21) míg a cukormentes változaté 1,00% (szórás: 0,08; RSD: 7,94) volt, amiből következik, hogy a kóla szárazanyag-tartalmának jelentős részét a cukor adta. Tea esetében még jelentősebb különbséget mértünk: szobahőmérsékletű natúr tea szárazanyag-tartalma átlagosan 0,11% (szórás: 0,02; RSD: 15,75) míg szobahőmérsékletű cukros tea esetén ez átlagosan 10,95% (szórás: 0,14; RSD: 1,31) volt, tehát ez esetben is a szárazanyag-tartalom döntő részét a cukor tette ki. Az alkoholos sörminták esetén az átlagos szárazanyag-tartalom 4,22% (világos sör) és 4,58% (búzasör) között változott, viszont az alkoholmentes búzasör átlagos szárazanyag-tartalma 8,92% (szórás: 0,05; RSD: 0,55) volt. Tehát ez esetben is a jelentős különbség miatt levonhatunk majd következtetéseket. A többi alkoholos italok közül a vodka átlagos szárazanyag-tartalma volt a legalacsonyabb 0,09% (szórás: 0,01; RSD: 6,19) és a jeges Caioinha átlagos szárazanyag-tartalma volt a legmagasabb 12,04% (szórás: 0,19; RSD: 1,57). A szobahőmérsékletű Caioinha átlagos szárazanyag-tartalma 8,08% (szórás: 0,15; RSD: 1,82) volt, ami elmarad a jeges változattól, de ez

magyarázható a fel nem olvadt jéggel. A legmagasabb átlagos szárazanyag-tartalmat a paradicsom krémleves esetén mértük (lásd 8. táblázat), 15,38% (szórás: 0,11; RSD: 0,70) ami tükrözi az elvárásainkat.

8. táblázat - Szárazanyag-tartalom mérések (kivonat)

Minta neve	átlag	szórás	RSD%
Gomba krémleves	10,81	0,27	2,49
Paradicsom krémleves	15,38	0,11	0,70
Póréhagyma krémleves	10,62	10,67	10,88

Összeségében elmondható az eredményekről, hogy a jellemzően alacsony RSD értékek alapján a mintáink homogének voltak. Kiugróan magas RSD értéket a csapvíz, a whisky és a szobahőmérsékletű mézes tea esetén kaptunk. A szobahőmérsékletű mézes tea esetén az ismételt szárazanyag-tartalom mérés már elfogadható volt (RSD: 4,91). A whisky esetén a mérést megismételtük, de másodjára is magas RSD értéket kaptunk (RSD: 53,29), de az alacsony átlagos szárazanyag-tartalom (0,04%) miatt a mintát elfogadtam.

5.3 Szermaradványok a citrommintákban

A további kísérletek adatainak értékelése előtt mindenképp ellenőriznünk kell, hogy a citrommintáink milyen mértékben tartalmaztak szermaradványt. A mérések alapján átlagosan 1919,31 ng/g (szórás: 266,79; RSD: 13,90) imazalil (lásd 9. táblázat), 424,41 ng/g (szórás: 75,73; RSD: 17,84) tiabendazol és 1618,86 ng/g (szórás: 340,91; RSD: 21,06) pirimetanil van jelen a mintáinkban. Ezen értékek alapján a törzsmintánkban a vizsgált szerek MRL értékét meg nem haladó koncentrációban vannak jelen. Ugyanakkor a homogenizálás és hosszú tárolási idő miatt a beszerzési koncentrációra nem tudunk következtetni. Azonban mindenképp elgondolkodtató, hogy ilyen hosszú tárolás után is jelentős. Ellenben a szórás és az RSD értékek viszont jól mutatják, hogy a minta homogenizálása jól sikerült. Ugyan itt a mintát homogenizáltuk és a további kísérletekben ennek ellenére csak 1-1 citromszeletet használtuk fel, a három párhuzamos mérés ezt a lépést hivatott kompenzálni. A továbbiakban az itt kapott értékeket tekintem 100%-nak és a leoldódási százalékot ehhez képest számolom.

9. táblázat - Citromminták imazalil koncentrációja (részlet)

Citromminták							
H01	citromminta	2 053,92	H01	átlag:	1 983,46	átlag:	1 919,31
H01	citromminta	1 956,45		szórás:	61,57	szórás:	266,79
H01	citromminta	1 940,00		RSD:	3,10	RSD:	13,90
H02	citromminta	2 320,01	H02	átlag:	2 305,97		
H02	citromminta	2 311,24		szórás:	17,29		
H02	citromminta	2 286,66		RSD:	0,75		
H03	citromminta	1 892,98	H03	átlag:	1 878,14		
H03	citromminta	1 872,36		szórás:	12,95		
H03	citromminta	1 869,09		RSD:	0,69		

Az összehasonlító vizsgálat részeként is szerepelt itt ez a kísérlet. Az Ivacs Vince (2022 MATE) által mért eredmények nagyságrendileg megegyeznek az általunk mért koncentrációkkal. Kísérletünkben a homogenizált citromminták esetén az átlagos imazalil koncentráció 1,494 mg/kg (azaz 1494 ng/g), míg az átlagos tiabendazol koncentráció 0,975 mg/kg (azaz 975 ng/g) volt. Amennyiben elfogadjuk, hogy mindkét mérés pontos volt, akkor az eltérések háttérében állhat, a hosszú tárolási idő, ami alatt feltételezhetjük, hogy a tiabendazol bizonyos mértékben bomolhatott. A magasabb imazalil koncentráció háttérében állhat, hogy a tárolási körülmények között az imazalil stabilabb, mint a tiabendazol, azonban a jég szublimálása miatt lett töményebb a minta.

5.4 Szermaradványok a kontroll mintákban

A leoldódási adatok előtt szükséges ellenőrizni, hogy a bemért alapanyagok milyen mértékben szennyezettek az általunk vizsgálni kívánt szerekkel. Amennyiben valamely termék már tartalmaz szermaradványt, úgy azt a leoldódás számításnál figyelembe kell venni.

Imazalil esetében a kontroll minták nagyrésze a vártak megfelelően negatív lett. Érdekes módon a csapvízben, az otthon szénsavdúsított csapvízben és az ásványvízben is minimális szermaradványt mutattunk ki (lásd 10. táblázat). Mivel minden vízmintából közel azonos nagyságrendben mutattuk ki a szermaradványt, ezért megalapozottnak gondolom a felvetés, hogy a felhasznált imazalil bekerült az ivóvízkészletünkbe és a fogyasztók folyamatos alacsony terhelésnek vannak kitéve. Mindazonáltal érdekes eredmény, hogy az ugyan ebből a vízből készült tea esetében nem tudtuk kimutatni a szermaradványt. Feltételezésem szerint a hő hatására a minimális szennyeződés elbomlott, de kísérletünk ennek igazolására nem terjedt ki. Kóla mintáink

esetében 0,01 ng/g szintet mértünk, de ez esetben ezt mérési hibának tekintem. A paradicsom krémleves kontroll mintában átlagosan 5,06 ng/g (szórás: 0,22; RSD: 4,41) míg a póréhagyma krémleves kontroll mintában 7,59 ng/g (szórás: 0,95; RSD: 12,58) imazalil koncentrációt mértünk.

10. táblázat - Vizsgált kontroll minták imazalil koncentrációja (kivonat)

Minta neve		Koncentráció ng/g
csapvíz kontroll	átlag:	0,19
	szórás:	0,03
	RSD:	13,02
otthon szénsavdúsított csapvíz, kontroll	átlag:	0,20
	szórás:	0,03
	RSD:	13,23
szénsavas ásványvíz, kontroll	átlag:	0,13
	szórás:	0,02
	RSD:	13,32

Tiabendazol esetében csak a gombakrémleves esetében találtunk maradvány anyagot, ami átlagosan 0,52 ng/g (szórás: 0,01; RSD: 1,12) koncentrációban volt jelen.

Pirimetanil esetén kólában, olaszrizlingben és a három leves kontroll mintában is sikerült szermaradványt találni, azonban a kóla mintánk átlagosan 0,02 ng/g (szórás: 0,00; RSD: 0,00) koncentrációt mértünk, ezért ez esetben is mérési hibának tekintem. Ellenben az olaszrizlingben mért átlagos 0,55 ng/g (szórás: 0,07; RSD: 11,92) koncentrációt már figyelembe kell vennem. Ahogy már írtam az irodalmi áttekintésben, a pirimetanilt használják szőlők kezelésére, ezért a jelenléte nem meglepő. MRL értéke szőlő esetén 5,0 mg/kg, tehát az esetünkben mért 0,00055 mg/g koncentráció messze elmarad ettől.[11] Zacskós levesek esetén a gomba krémleves mintában 1,39 ng/g (szórás: 0,17; RSD: 12,48), a póréhagyma krémleves mintában 7,19 ng/g (szórás: 1,04; RSD: 14,48), paradicsom krémleves mintában pedig 1,18 ng/g (szórás: 0,05; RSD: 4,17) koncentrációt mértünk. Figyelembe véve, hogy a levesekhez számos növényt és gombát

felhasználtak alapanyagként, nem meglepő, hogy többféle peszticid nyomait megtaláltuk bennük. Összességében elmondhatjuk, hogy a kontrollminták jelentős része negatív lett.

5.5 Leoldódási kísérletek

A citromon lévő peszticidek leoldódási hatékonyságával lehet jól szemléltetni, hogy mely kísérleti minta esetén került a legtöbb szermaradvány a citrom mintából az oldatba. Ezt úgy számoltuk ki, hogy a citromok áztatását követően előkészített minták 3 méréséből kapott számított koncentrációkat átlagoltuk, az átlagból kivontuk a kontrollmintákból meghatározott átlagos szermaradvány koncentrációt. Miután mind a 3 minta átlagos beoldódását megkaptuk, az eredményeket átlagoltuk, így kiszámolva, hogy az egyes vizsgált italokban és levesekben átlagosan milyen peszticid koncentrációt értünk el. Végül a kapott eredményt viszonyítottuk az első kísérletből kapott citromokon lévő szermaradvány koncentrációk átlagából és a mintába helyezett citromdarab tömegéből számított hatóanyag koncentrációhoz, melyet 100%-nak vettünk. A végső eredmény így a leoldási hatékonyság.

A műszeres mérések eredményeit táblázatba foglaltuk, így egy táblázaton belül átláthattuk az összes minta leoldási hatékonyságát (lásd 11. táblázat), pH értékét, hőmérsékletét, alkohol tartalmát és szárazanyag-tartalmát.

11. táblázat - Eredmény összesítő táblázat (részlet)

Minta	Kód	A citromon levő peszticid leoldási hatékonysága, ‰			alk%	pH	SzA%	hőmérséklet
		IMZ	TBZ	PMT				
desztillált víz	100	34,50	37,13	35,63	0,0	4,99	0,04	2,0
etanol	200	106,00	123,21	543,26	100,0	7,44	0,35	2,0
csapvíz	110	44,30	78,85	154,01	0,0	7,11	0,28	2,0
otthon szénsavdúsított csapvíz	120	34,10	50,79	169,33	0,0	5,02	0,05	2,0
szénsavas ásványvíz	130	31,78	73,39	159,80	0,0	5,50	0,03	2,0
kóla	140	1,89	0,00	0,63	0,0	2,50	11,90	2,0

A kiértékelés során az első, amit megfigyeltem, hogy az 1. táblázatban foglaltak megfelelően mind a három vizsgált peszticid etanolban sokkal nagyobb hatékonysággal oldódott le. A másik

fontos észrevétel, hogy a PMT alkoholos közegben jóval nagyobb arányban oldódik le, mint az IMZ vagy a TBZ.

A vizes minták esetében megállapítottam, hogy a desztillált vízben volt a legalacsonyabb a leoldási hatékonyság, viszont a víz szénsav tartalma nem befolyásolta lényegesen az eredményeket. Mivel a desztillált víz és a többi vízminta közötti különbség az oldott ásványi sókban van, ezért az eredmények alapján az oldott ásványi anyagok valamilyen szinten segítik a vizsgált peszticidek oldódását.

A kólaminták összehasonlítása során a cukros és a cukormentes változat között jelentős különbség látható, míg a cukros kóla elenyésző hatékonysággal oldotta le a citromról az imazalilt (1,89%) és pirimetanilt (0,63%) valamint nem oldott le tiabendazolt, addig a cukormentes változat jelentősen nagyobb arányban volt képes erre (IMZ-45,35%, TBZ-60,25%, PMT-231,44%). A kólák hőmérséklete megegyezett, a pH értékük hasonló (kóla pH=2,50, cukormentes kóla pH=2,85), ezért a különbség a szárazanyag tartalomban keresendő. Mivel a kóla szárazanyag tartamának nagyrésze cukor ezért felmerül, hogy az oldódás alacsony hatékonyságát a már oldott cukor okozza.

A tea minták esetében több változót tudtam vizsgálni. Először a szobahőmérsékletű mintákat értékeltem. A szobahőmérsékletű natúr tea leoldási hatékonysága mind a három anyag esetén a csapvíz leoldási hatékonyságával vethető össze. Tehát a teafüvből kioldódó anyagok nincsenek hatással az oldhatóságra. A natúr teát a cukrossal és a mézessel összehasonlítva a kólához hasonló tendenciát látunk, a magasabb szárazanyag tartalom alacsonyabb leoldási hatékonysággal jár. Legalacsonyabb oldódási hatékonyság mézes tea esetén figyelhető meg. A teák között csak az általunk hozzáadott cukor vagy méz a különbség, tehát ez esetben is megállapítottam, hogy a szárazanyag tartalom, ami ez esetben is főként cukor, rontja a beoldási hatékonyságot. A forró teaminták esetén hasonló tendenciát figyeltem meg. A forró és a szobahőmérsékletű mintákat egymással összehasonlítva azt tapasztaltam, hogy a natúr teák esetén a magasabb hőmérsékletű mintába jelentősen magasabb a leoldódási hatékonyság mind a három vizsgált anyag tekintetében. Azonban a cukorral és mézzel ízesített minták esetében a hőmérsékletkülönbség ellenére nagyságrendileg azonos eredményt mértünk. Ezek alapján a hőmérséklet emelkedésével a leoldódási hatékonyság nő, de a már jelenlévő oldott anyagok miatt az oldat előbb válik telítetté,

és nem tud több szermaradvány beoldódni. Érdekes módon a mézes teaminták esetében TBZ leoldódását nem sikerült igazolni.

Mivel a cukros szobahőmérsékletű tea és a kóla minta hőmérsékletében és oldott anyag tekintetében összevethető, és mindkét minta esetében az oldott anyag jelentős része cukor, ezért a köztük lévő eltérést a pH különbségben kell keresni (tea pH=7,00, kóla pH=2,50). A kóla rendkívül alacsony leoldódási hatékonysága mellett (IMZ-1,89%, TBZ-0,00%, PMT-0,63%) a cukros teába jóval magasabb mértékben mutattunk ki szermaradványt (IMZ-41,30%, TBZ-13,31%, PMT-79,71%). Ebből arra következtethetnénk, hogy az alacsony pH gátolja az oldódást, de natúr szobahőmérsékletű tea és cukormentes kóla esetében nagyságrendileg megegyezik a leoldási hatékonyság.

A sörminták leoldási hatékonyságát vizsgálva az alkohol tartalmú minták között nem látunk jelentős eltérést. Az alkohol tartalmú sörök leoldási hatékonysága a cukros szobahőmérsékletű teával vethető össze. Habár a teához képest a sörök 4,4-5,5% alkoholt tartalmaztak, és szárazanyag-tartalmuk körülbelül fele akkor mint a cukros teának ezen tulajdonságok miatt jelentős eltérés nem tapasztalható. Az alkoholos söröket az alkohol mentessel összevetve viszont markáns különbséget tapasztaltam. Az alkohol mentes búzasörbe IMZ és TBZ nem oldódott, a PMT leoldási hatékonysága pedig 37,70% volt ellentétben az alkoholos sörök 55,67% (búzasör), 40,42% (világos sör), 48,26% (barna sör) leoldási hatékonyságával szemben. Az egyéb vizsgált tulajdonságokat összevetve a pH tekintetében nem találtam jelentős eltérést, viszont az alkohol mentes búzasör szárazanyag-tartalma majdnem kétszerese az alkoholos sörökéhez képest (alkoholmentes búzasör: 8,92%, alkoholos búzasör: 4,58%, világos sör: 4,22%, barna sör: 4,43%). Ezekből az adatokból a két lehetséges következtetésem az, hogy a magasabb szárazanyag-tartalom gátolja a peszticidek leoldódását, valamint az alkohol tartalom a szárazanyag ellenére továbbra is oldja a vizsgált szereket.

Az alkoholos italok összevetésénél először a tömény italokat vizsgáltam, és azt találtam, hogy a vodka az imazalilt jobban oldja, mint a whisky (vodka: 81,82%, whisky: 58,54%) azonban pirimetanil esetén az arány megfordul (vodka: 327,86, whisky: 517,70%). A két ital között a pH tekintetében találtam eltérést (vodka pH=7,18, whisky pH=4,37), tehát a pH befolyásoló tulajdonsága függ a vizsgált anyag minőségétől is.

A tömény alkoholos italokat összevetve a szobahőmérsékletű Caioinha mintával azt tapasztaltam, hogy tömény italokban a leoldódási hatékonyság jóval nagyobb. Ennek háttérében a Caioinha jóval magasabb szárazanyag-tartalma és jóval alacsonyabb alkohol tartalma állhat.

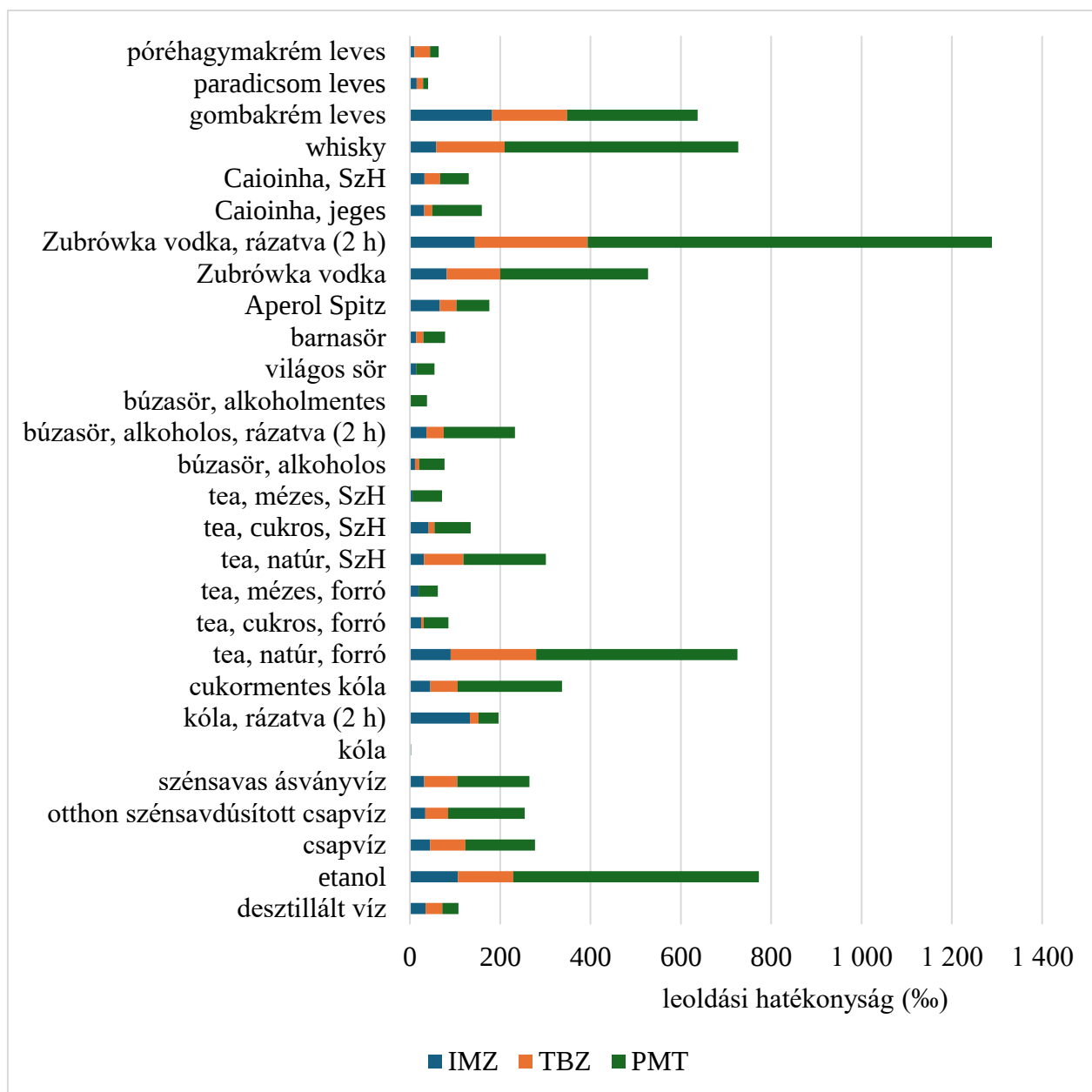
Caioinha és Aperol Spitz összehasonlításakor azt találtam, hogy a TBZ és a PMT nagyságrendileg azonos hatékonysággal oldódik le, viszont az IMZ Aperol Spitz esetén jóval magasabb arányban oldódik le. A két koktél között pH, szárazanyag és alkohol tartalom tekintetében is találunk különbséget, az Aperol Spitz minden értéke alacsonyabb. A sok eltérés miatt itt nem találtam egyértelmű összefüggést a leoldási hatékonyság összefüggésében.

A krémleves minták adatainak kiértékelése során azt tapasztaltam, hogy a gomba krémleves mintában a többi levesmintához képest igen magas leoldódási hatékonyságot mértünk (IMZ: 182,17%, TBZ: 165,54%, PMT: 289,39%). A másik két leves leoldási hatékonysága 9,82% és 34,58% között változott. A többi mintával összevetve a paradicsom krémleves és a póréhagyma krémleves a tendenciát követve alacsony leoldási hatékonyságot mutat magas szárazanyag tartalom mellett, azonban a gomba krémleves esetén a leoldási hatékonyság IMZ és TBZ tekintetében meghaladja az etanolét. Ez esetben feltételezem, hogy a gomba krémleves valamely nem vizsgált összetevője jelentősen megkönnyíti a vizsgált peszticidek oldódását.

Végül a két órán át ráztatott mintákat hasonlítottam össze a 15 percen át áztatott mintákkal. A vártnak megfelelően mind a három esetben jelentősen megnőtt a leoldódási hatékonyság, például vodka esetében a kétórás kísérletet követően 895,24% volt a PMT leoldási hatékonysága. Tehát minél, tovább tartjuk oldatban a kezelt gyümölcsöt, annál nagyobb arányban tud beoldódni peszticid.

Az adatok kiértékelése során az eredményeket diagrammon ábrázoltuk (lásd 11. ábra). A diagramm segítségével az előzőekben interpretált eredményeket vizuálisan is feldolgozhatóvá tettük. Az ábra alapján egyértelműen kimagaslanak azok a minták melyek magas alkohol tartalmúak, illetve a forró, natúr tea és a gomba krémleves. Valamint előtűnik, hogy a PMT igen nagy arányban képes a beoldódásra a többi vizsgált anyaghoz képest.

A részletes adataimat lásd az M2 mellékelt táblázatban.



11. ábra - A citromon levő peszticid leoldási hatékonysága, ‰

Mivel igen komplex adathalmazt sikerült összegyűjtenünk, ezért a kiértékelhetőség miatt az Excelben segítségével korrelációanalízist végeztünk (lásd 12. táblázat). Az analízis során lineáris összefüggést vizsgálunk a változók között. A kapott érték +1 és -1 között változik, és minél nagyobb az abszolút értéke, annál erősebb összefüggést jelet. A korrelációanalízis alapján erős pozitív lineáris korrelációt állapítottak meg TBZ és PMT valamint TBZ és IMZ leoldódási hatékonysága között, valamint közepesen erős pozitív lineáris összefüggést állapítottak meg IMZ és

PMT leoldási hatékonysága között. Tehát a három vizsgált anyagunk leoldási hatékonysága összefügg.

Az alkohol tartalom és a PMT leoldódási hatékonysága közepes pozitív lineáris kapcsolatot fedezek fel, míg IMZ és TBZ leoldási hatékonysága és a vizsgált minták alkohol tartalma között gyenge pozitív lineáris kapcsolatot állapítok meg. Tehát a vizsgált anyagok oldódási tulajdonsága befolyásolja az italokba oldódást.

A korrelációanalízis alapján az oldatok pH értéke és hőmérséklete nem áll lineáris összefüggésben a leoldódási hatékonysággal.

Végezetül pedig a szárazanyag-tartalom és PMT és TBZ leoldódási hatékonyság között közepesen erős negatív lineáris korreláció áll fenn, de IMZ esetében ez már nem igaz. Tehát a szárazanyag-tartalom bizonyos anyagok esetén hatással van oldhatóságra.

12. táblázat - Korreláció analízis

	Kód	IMZ	TBZ	PMT	alk%	pH	SzA%	hőmérséklet
Kód	1,000							
IMZ	0,087	1,000						
TBZ	0,184	0,749	1,000					
PMT	0,310	0,663	0,924	1,000				
alk%	0,453	0,384	0,465	0,656	1,000			
pH	-0,063	-0,104	-0,008	-0,099	0,188	1,000		
SzA%	0,057	-0,173	-0,544	-0,549	-0,348	-0,189	1,000	
hőmérséklet	-0,251	0,096	0,102	-0,044	-0,240	-0,220	0,285	1,000

6. Következtetések, javaslatok

Az általunk kitűzött célokat részben sikerült elérni. A MATE és ÁTE által használt technikákkal azonos nagyságrendben sikerült kimutatni imazalil és tiabendazol maradvány anyagokat a citrommintákból.

A lime héjon érlelt whisky esetében nem találtunk szermaradványt. Ellenben olaszrizling esetében pirimetanil kimutatható mennyiségben volt jelen ezért javaslom, hogy MRL értéket határozzunk meg borok esetén is. Ez különös tekintettel a vörösborok esetén kíván további vizsgálatokat, ahol a szőlőt héján erjesztik, tehát jóval hosszabb idő áll rendelkezésre, hogy a felhasznált poszt-harveszt peszticidek beoldódjanak.

Az oldódás mértékét befolyásoló tényezők közül empirikusan, vizuálisan és korreláció analízissel is sikerült bebizonyítani, hogy az oldatok szárazanyag-tartalma negatívan függ össze a leoldódási hatékonysággal. Azonban gomba krémleves esetén tapasztalt magas arányú leoldási hatékonyság és a közepesen erős korreláció miatt további kutatások szükségesek, hogy felfedjük a szárazanyag-tartalom mely komponensei gátolják és mely komponensei segítik a leoldódást a gyümölcsök felületéről. Feltételezésem szerint a cukor tartalom a legfőbb befolyásoló tényező, mivel azon italokban, melyekben a szárazanyag-tartalom nagyrészt cukor adta, azokban jóval alacsonyabb leoldási hatékonyságot mértünk.

Továbbá sikerült közepes pozitív korrelációt bizonyítani a leoldási hatékonyság és a minták alkohol tartalma között, ami egybevágh a vizsgált anyagok fizikokémiai tulajdonságaival, ezért az alkoholos italok ízesítésére és díszítésére használt citrom esetében a kezeletlen héjú változatot javasolt választani.

A hőmérséklet hatását korreláció analízissel nem sikerült igazolnom, de az empirikus eredmények arra engednek következtetni, hogy a magasabb hőmérséklet magasabb leoldási hatékonyságot jelent. Ezt a jövőben javasolt tovább vizsgálni, mivel számos forró italba használunk citrusfélétet hámozás nélkül.

Az általunk mért peszticid szermaradványok a citromminták esetében a meghatározott MRL érték alatt voltak, azonban a kísérlet során tapasztalt leoldódási arányok, és a készételekben (levesek és olaszrizling) kimutatott szermaradványok miatt egyes fogyasztók folyamatos terhelésnek lehetnek kitéve, mely számukra akár egészségkárosító hatással is járhat. A fogyasztók egészsége érdekében

a hosszútávú alacsony terheltség további vizsgálata javasolt. A terhelés csökkentése érdekében pedig az élelmiszer alapanyagának szánt zöldségek és gyümölcsök feldolgozását mihamarabb meg kell kezdeni, így a poszt-harveszt peszticidek használata feleslegessé válhat.

A vízminták esetében kimutatott szermaradványok alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a felhasznált növényvédő szereink bejutottak az ivóvíz készletünkbe és minden pohár elfogyasztott vízzel terheljük szervezetünket, valamint mérgezzük környezetünket. Az igen alacsony koncentráció miatt véleményem szerint inkább környezetvédelmi jelentősége van. A további szennyeződés elkerülése érdekében a hatóanyagok gyártásának és felhasználásának helyén keletkező hulladékot, különös tekintettel a szennyvízre, ártalmatlanítani kell. Továbbá gyümölcsök és zöldségek esetében, ahol ez megoldható, oly mértékben kell csökkenteni a szállítási és tárolási időt, hogy a poszt-harveszt peszticidek használatát el lehessen hagyni.

7. Összefoglalás

Fejlődő társadalmunk növekvő mezőgazdasági igényeit mára csak peszticidek felhasználásával tudjuk biztosítani, ám ezek a vegyszerek az emberi egészségre is károsak lehetnek. A peszticid szerek közül kiemelten fontosak a poszt-harveszt peszticidek olyan zöldségek és gyümölcsök esetében melyek nagy távolságot tesznek meg a termelési hely és a fogyasztó asztala között. Ilyen termék jellemzően a citrom is, amit főleg mediterrán országok termelnek és exportálnak a világ minden részére. Szállítás során a poszt harveszt peszticidek megóvják az értékes árut a romlástól, azonban fogyasztás során már nem kívánatos szermaradványként tekintünk rá. A fogyasztók védelmében az Európai Unióban a hatóságok csak engedélyezési eljárást követően hagyják jóvá az új vegyszerek használatát, és a korábbi engedélyeket az új tudományos eredmények fényében rendszeresen felülvizsgálják. Ezenkívül a hatóságok az egészségkárosodás megelőzése érdekében minden szerhez MRL értéket rendelnek. A meghatározott MRL értékek betartását rendszeres ellenőrzések biztosítják.

Citrusfélék esetén azonban nem csak közvetlen fogyasztással vihetjük be szervezetünkbe a felületükön felhasznált vegyszereket, hanem közvetetten étелеinkbe és italainkba beleoldódva is. Egy kémiai anyag fizikai és kémiai tulajdonságának ismereteiből nem tudjuk pontosan megjósolni, hogy milyen mértékben képes bekerülni étелеinkbe és italainkba, mert ezek igen összetett, komplex rendszert képeznek. Ezért tűztük ki célul, hogy feltérképezzük mely tulajdonságok mutatnak összefüggést az imazalil, tiabendazol és pirimetanil étелеinkbe és italainkba való oldódásával.

Kutatásom során vizsgáltam vizeket, üdítőitalokat, teákat, söröket, alkoholos italokat, koktélokot és krémleveseket, mivel ezen termékek fogyasztása során a fogyasztók hámozatlan citromszeleteket is felhasználnak. Az oldódással kapcsolatban a szárazanyag-tartalom hatásának tisztázást helyeztem a központba, de vizsgáltam a minták pH értékét, hőmérsékletét és alkohol tartalmát. Továbbá összehasonlító vizsgálat keretein belül összevetettem a MATE és ÁTE által végzett maradékanyag mérést. Végül egy lime héjon érlelt whiskymintában kerestem IMZ, TBZ és PMT nyomait.

A kutatás során a MATE által már vizsgált citrommintákat használtuk. A vizsgálat során a választott italokból és levesekből 3-3 mintát készítettünk elő. A mintákba 15 percre citromdarabot helyeztünk, majd az oldódó IMZ, TBZ és PMT koncentrációt LC-MS/MS segítségével állapítottuk meg. A módszert az Állatorvostudományi Egyetem Élelmiszer-higiéniai tanszéke dolgozta ki.

Mintáink jobb megismerése érdekében a pH és hőmérséklet adatokat felvettük, valamint megállapítottuk a szárazanyag-tartalmukat. A kapott eredményeket Excel segítségével rögzítettük és elemeztük.

Az adatok kiértékelése során a kontroll minták alapján megállapítottam, hogy ivóvizeinkben kimutatható koncentrációban jelen van IMZ, ami így a fogyasztókat és a környezetüket is folyamatos terhelésnek teszi ki. A kimondottan késztermék vizsgálatára szánt minta (lime héjon érlelt whisky) esetében IMZ, TBZ és PMT szermaradványt nem sikerült kimutatni, azonban olaszrizling esetén PMT jelenlétét igazoltuk, mely a szőlő kezelése során kerülhetett az alapanyagba. Továbbá az instant krémlevesek esetében a minták különböző kombinációban két különböző szermaradványt tartalmaztak.

A leoldódási kísérletek során sikerült bizonyítani, hogy az italminták alkohol tartalma segíti a szermaradványok leoldódását. PMT és TBZ esetén közepes pozitív lineáris korrelációt, míg IMZ esetén gyenge pozitív lineáris korrelációt találtam az alkoholtartalommal. Korrelációanalízissel a hőmérséklet hatását nem sikerült bizonyítani, azonban a natúr tea minták összehasonlítása során erős összefüggést tapasztaltam, magasabb hőmérsékleten mindhárom vizsgált anyag magasabb arányban oldódott le. A minták szárazanyag-tartalma, valamint TBZ és PMT leoldódási hatékonyságának korrelációanalízise során közepes negatív lineáris összefüggést állapítottam meg, tehát a magasabb szárazanyag-tartalom gátolja a szermaradványok italba és levesbe oldódását. Azonban gomba krémleves esetében a magas szárazanyag-tartalom ellenére jelentős leoldási hatékonyságot állapítottunk meg, tehát a szárazanyag minősége is befolyásolja az oldódási tulajdonságokat. Feltételezésem szerint az oldatok szénhidrát tartalma csökkentheti jelentősen az oldhatóságot, mivel azon minták esetében, ahol a magas szárazanyag-tartalom jelentős részét cukor adta, alacsonyabb leoldódási hatékonyságot mértünk.

A MATE és ÁTE által kidogozott módszerek összehasonlítása során a kapott eredmények alapján kijelenthető, hogy a két módszer érzékenysége nagyságrendileg megegyezik.

Az összes adatot áttekintve felhívnom a figyelmet, hogy ugyan a meghatározott MRL értéket egyik mintánk sem érte el, viszont rendszeres fogyasztás esetén a fogyasztó szervezetét folyamatosan alacsony dózisu terhelésnek teszi ki, ami akár egészségkárosodáshoz is vezethet. Ennek fényében törekedni kell rá, hogy olyan esetekben amikor ételekbe és italokba héjával együtt használjuk fel a citromot, vásárlásnál kezeletlen gyümölcsöt válasszunk. Továbbá a poszt-harveszt peszticidek

felhasználási körét csökkenteni lehet rövidebb szállítási és tárolási idővel, így nem csak a fogyasztók juthatnak egészségesebb élelmiszerhez, hanem a növénytermesztés által okozott környezetszennyezés mértékét is csökkenteni tudjuk.

8. Irodalomjegyzék

1. FAOSTAT (2024). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Accessed 21 Nov 2024
2. Yang Q, Qian X, Dhanasekaran S, Boateng NAS, Yan X, Zhu H, He F, Zhang H (2019) Study on the Infection Mechanism of *Penicillium Digitatum* on Postharvest Citrus (*Citrus Reticulata* Blanco) Based on Transcriptomics. *Microorganisms* 7:672. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7120672>
3. Khamsaw P, Sangta J, Chaiwan P, Rachtanapun P, Sirilun S, Sringarm K, Thanakkasaranee S, Sommano SR (2022) Bio-Circular Perspective of Citrus Fruit Loss Caused by Pathogens: Occurrences, Active Ingredient Recovery and Applications. *Horticulturae* 8:748. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8080748>
4. Yang Q, Qian X, Dhanasekaran S, Boateng NAS, Yan X, Zhu H, He F, Zhang H (2019) Study on the Infection Mechanism of *Penicillium Digitatum* on Postharvest Citrus (*Citrus Reticulata* Blanco) Based on Transcriptomics. *Microorganisms* 7:672. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7120672>
5. Lini ÁB (2022) Az imazalil és ipkonazol penetrációja a citrusfélékbe a poszt-harvest kezelés során. Thesis
6. Arai M, Hibino T (1983) Tumorigenicity of citrinin in male F344 rats. *Cancer Letters* 17:281–287. [https://doi.org/10.1016/0304-3835\(83\)90165-9](https://doi.org/10.1016/0304-3835(83)90165-9)
7. Ortelli D, Edder P, Corvi C (2005) Pesticide residues survey in citrus fruits. *Food Additives & Contaminants* 22:423–428. <https://doi.org/10.1080/02652030500089903>
8. Vass A, Korpics E, Dernovics M (2015) Follow-up of the fate of imazalil from post-harvest lemon surface treatment to a baking experiment. *Food Additives & Contaminants: Part A* 32:1875–1884. <https://doi.org/10.1080/19440049.2015.1086824>
9. NÉBIH Visszavonta az Európai Bizottság a klórpirifosz és a klórpirifosz-metil hatóanyagok engedélyét - Nébih. <https://portal.nebih.gov.hu/-/visszavonta-az-europai-bizottsag-a-klorpirifosz-es-a-klorpirifosz-metil-hatoanyagok-engedelyet>. Accessed 22 Nov 2024
10. WHO (1997) Guidelines for predicting dietary intake of pesticide residues. https://www.who.int/publications/i/item/WHO_FSF_FOS_97.7. Accessed 23 Nov 2024
11. EU (2024) EU Pesticides Database - Products - Product details. <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/products/details/5>. Accessed 25 Nov 2024
12. EFSA, Carrasco Cabrera L, Di Piazza G, Dujardin B, Marchese E, Medina Pastor P (2024) The 2022 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA Journal* 22:e8753. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.8753>

13. Erasmus A, Lennox CL, Jordaan H, Smilanick JL, Lesar K, Fourie PH (2011) Imazalil residue loading and green mould control in citrus packhouses. *Postharvest Biology and Technology* 62:193–203. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.05.006>
14. Európai Unió (2020) Commission Regulation (EU) 2020/856 of 9 June 2020 amending Annexes II and III to Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council as regards maximum residue levels for cyantraniliprole, cyazofamid, cyprodinil, fenpyroximate, fludioxonil, fluxapyroxad, imazalil, isofetamid, kresoxim-methyl, lufenuron, mandipropamid, propamocarb, pyraclostrobin, pyriofenone, pyriproxyfen and spinetoram in or on certain products (Text with EEA relevance)
15. Buzás A (2019) A citrusfélék gomba elleni védelmének élelmiszer-egészségügyi vonatkozásai. Thesis
16. Calvaruso E, Cammilleri G, Pulvirenti A, Lo Dico GM, Lo Cascio G, Giaccone V, Vitale Badaco V, Cipri V, Alessandra MM, Vella A, Macaluso A, Di Bella C, Ferrantelli V (2020) Residues of 165 pesticides in citrus fruits using LC-MS/MS: a study of the pesticides distribution from the peel to the pulp. *Nat Prod Res* 34:34–38. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1561682>
17. Aslantas S, Golge O, González-Curbelo MÁ, Kabak B (2023) Determination of 355 Pesticides in Lemon and Lemon Juice by LC-MS/MS and GC-MS/MS. *Foods* 12:1812. <https://doi.org/10.3390/foods12091812>
18. FAO/WHO (2018) Pesticide residues in food 2018 - Report 2018 - Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. <https://openknowledge.fao.org/items/fb1bf915-f472-4b93-891f-d7b24d259568>. Accessed 23 Nov 2024
19. US EPA (2005) Document Display | NEPIS | US EPA. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P1009J9R.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EP A&Index=2000%20Thru%202005&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C00THRU05%5CTXT%5C00000026%5CP1009J9R.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1>. Accessed 23 Nov 2024
20. Sepulveda M, Cuevas II, Smilanick JL, Cerioni L, Rapisarda VA, Ramallo J (2015) Improvement in imazalil treatments in commercial packinglines to control green mold on lemon fruit. *Scientia Horticulturae* 192:387–390. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.06.021>
21. FAO/WHO (2006) Pesticide residues in food - 2006: toxicological evaluations. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241665223>. Accessed 1 Dec 2024

22. WHO (2021) Pesticide residues in food - 2019: toxicological evaluations (Extra). <https://www.who.int/publications/i/item/9789241655347>. Accessed 26 Nov 2024
23. FAO/WHO (2007) Pesticide residues in food - 2007: toxicological evaluations. <https://www.inchem.org/documents/jmpr/jmpmono/v2007pr01.pdf>. Accessed 1 Dec 2024
24. FAO/WHO (2013) Pesticide residues in food - 2013: toxicological evaluations. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241665292>. Accessed 2 Dec 2024
25. Lewis KA, Tzilivakis J, Warner DJ, Green A (2016) An international database for pesticide risk assessments and management. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal 22:1050–1064. <https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1133242>
26. ILO W (2018) ICSC 1303 - IMAZALIL. https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=1303&p_version=2&p_lang=hu. Accessed 25 Nov 2024
27. PubChem Pyrimethanil. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/91650>. Accessed 1 Dec 2024
28. Európai Unió (2024) EU Pesticides Database - Products - Product details. <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/products/details/5>. Accessed 2 Dec 2024
29. Mindmegette (2024) Citrom hozzávaló. In: Mindmegette.hu. https://www.mindmegette.hu/hozzavalo/citrom?fbclid=IwY2xjawG7BPxleHRuA2FlbQIxMAABHd0HnMTyHkK3ZBNaVPYjM87XfsDNpuXfYkIXeBE31ikA8I-8rN0QppJSjw_aem_C0Raf9j5pKr5Czqaobw7Rw. Accessed 2 Dec 2024
30. Nosalty (2024) Mi van a hűtődben? | Nosalty. In: <https://www.nosalty.hu>. https://www.nosalty.hu/mi-van-a-hutodben/eredmeny?alapanyagok%5B0%5D=citrom&fbclid=IwY2xjawG7BP5leHRuA2FlbQIxMAABHQzqJyAcEtykoHgSHDSLKyPsJ7fq5auT2ba0-6VbKFS_XziTm4QdrSwSuA_aem_AATA0ZnGqcOCmgVtvUUDVg. Accessed 2 Dec 2024
31. Lind J (1753) A treatise of the scurvy, in three parts. Containing an inquiry into the nature, causes, and cure, of that disease. Together with a critical and chronological view of what has been published on the subject. Edinburgh (Scotland) : Printed by Sands, Murray and Cochran, for A. Kincaid & A. Donsaldson
32. Mindmegette (2021) A citrom 8 jótékony hatása, amiről eddig még biztosan nem tudtál. In: Mindmegette.hu. https://www.mindmegette.hu/egeszseges/a-citrom-8-jotekony-hatasa-amiroel-eddig-meg-biztos-hogy-tudtal?fbclid=IwY2xjawG7B0dleHRuA2FlbQIxMAABHYMlyIFWwnAhXn2s_diTtDv_M_VubF2CWi0eRczjis9_UVzS_fsWSYFkHQ_aem_NDniWB2AVQL_Pok9aVz4iQ. Accessed 2 Dec 2024

33. Contributor WE (2024) Health Benefits of Lemon. In: WebMD. <https://www.webmd.com/diet/health-benefits-lemon>. Accessed 4 Dec 2024
34. Házipatika (2019) A citrom hihetetlen hatásai. In: Házipatika. https://www.hazipatika.com/taplalkozas/egeszseg_es_gasztronomia/cikkek/a_citrom_egeszsegugyi_hatasai. Accessed 2 Dec 2024
35. Ivacs V (2022) Posztharvest fungicidek kioldódásának vizsgálata italokban és levekben. Thesis
36. Li M, Zhao S, Kong Z, Li L, Yang L, Feng B, Cui Y, Lin X, Fan B, Simal-Gandara J, Wang F (2023) Preservation of citrus fruit, and dissipation by diffusion and degradation of postharvest pesticides during storage. *Journal of Food Composition and Analysis* 122:105456. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105456>
37. Ujbányai K (2008) Koktélok - Larousse -, 2008th ed. Officina '96 Kiadó, Budapest

9. Köszönetnyilvánítás

Ez úton is szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek Dr. Lányi Katalinnak, és Dr. Buzás Annának a kísérletek megtervezése és kivitelezése során nyújtott magas színvonalú szakmai segítségükért, valamint fáradhatatlan támogatásukért. Köszönettel tartozom az Élelmiszer-higiéniai Tanszék munkatársainak, kiváltképp Lucsányi Georgina labortechnikusnak, akitől a laboratóriumi munka során minden segítséget megkaptam.

10. Mellékletek és nyilatkozatok

M1

Jelölés	Termék neve
szénsavas ásványvíz	Theodora Kereki szénsavas természetes ásványvíz
kóla	Coca-Cola Original
cukormentes kóla	Coca-Cola Light
tea	Sir Morton Garon tea
cukor	Diamant Kristálycukor
méz	Roziméz
alkoholos búzasör	Paulaner Weissbier
alkoholmentes búzasör	Paulaner Weissbier 0.0
világos sör	Staropramen
barna sör	Staropramen Dark
aperol	Aperol
olasz rizling	Ostoros Olaszrizling
vodka	Zubrowka Biala
rum	El Nino Gold Rum
whisky	Ballantine's Whisky
lime héjon érlelt whisky	Ballantine's Brasil
gomba krémleves	Lacikonyha Gomba Krémleves
paradicsom krémleves	Lacikonyha Paradicsom Krémleves
póréhagyma krémleves	Lacikonyha Póréhagyma Krémleves

M2

	A citromon levő peszticid leoldási hatékonysága, ‰									
Minta	IMZ	TBZ	PMT	alk%	pH	SzA%	hőmérséklet	dev _{IMZ}	dev _{TBZ}	dev _{PMT}
desztillált víz	34,50	37,13	35,63	0,0	4,99	0,04	2,0	4,97	11,93	7,94
etanol	106,00	123,21	543,26	100,0	7,44	0,35	2,0	21,17	24,53	36,14
csapvíz	44,30	78,85	154,01	0,0	7,11	0,28	2,0	19,39	13,07	23,99
otthon szénsavdúsított csapvíz	34,10	50,79	169,33	0,0	5,02	0,05	2,0	7,21	15,25	14,88
szénsavas ásványvíz	31,78	73,39	159,80	0,0	5,50	0,03	2,0	8,82	11,70	30,51
kóla	1,89	0,00	0,63	0,0	2,50	11,90	2,0	0,31	0,00	0,09
kóla, rázatva (2 h)	132,94	19,09	44,49	0,0	0,00	11,10	2,0	33,56	3,77	8,43
cukormentes kóla	45,35	60,25	231,44	0,0	2,85	1,00	2,0	10,32	9,39	21,39
tea, natúr, forró	90,39	189,16	445,74	0,0	0,00	0,28	6,0	13,68	19,60	38,40
tea, cukros, forró	24,86	5,55	54,88	0,0	0,00	9,83	6,0	1,32	0,80	12,78
tea, mézes, forró	19,40	0,00	42,54	0,0	0,00	9,22	6,0	2,59	0,00	11,41
tea, natúr, SzH	31,23	87,35	182,29	0,0	6,62	0,11	2,0	4,00	20,07	24,91
tea, cukros, SzH	41,30	13,31	79,71	0,0	7,00	10,95	2,0	27,21	0,38	19,61
tea, mézes, SzH	5,73	0,00	65,40	0,0	6,23	8,26	2,0	2,51	0,00	14,42
búzasör, alkoholos	11,06	9,75	55,67	5,5	4,37	4,58	2,0	3,33	1,43	9,59
búzasör, alkoholos, rázatva (2 h)	36,76	38,25	157,74	5,5	0,00	4,99	2,0	12,30	9,90	27,24
búzasör, alkoholmentes	0,00	0,00	37,70	0,0	4,71	8,92	2,0	0,00	0,00	10,95
világos sör	14,02	0,00	40,42	5,0	4,41	4,22	2,0	1,09	0,00	3,98
barnasör	13,47	16,14	48,26	4,4	4,39	4,43	2,0	1,68	3,50	10,59
Aperol Spitz	66,42	36,51	73,08	6,8	3,40	5,54	2,0	13,17	7,54	13,76
Zubrówka vodka	81,82	117,88	327,86	37,5	7,18	0,09	2,0	22,73	20,30	19,60
Zubrówka vodka, rázatva (2 h)	143,70	249,92	895,24	37,5	0,00	0,51	2,0	26,29	56,54	65,91
Caioinha, jeges	31,64	17,83	109,73	15,6	0,00	12,04	0,0	6,10	2,83	12,55
Caioinha, SzH	32,42	34,37	63,40	15,6	7,06	8,08	2,0	1,26	4,97	11,68
whisky	58,45	151,12	517,70	40,0	4,37	0,04	2,0	10,10	27,61	89,40
gombakrém leves	182,17	165,54	289,39	0,0	6,30	10,81	5,0	80,30	21,15	43,74
paradicsom leves	14,87	14,06	11,40	0,0	4,52	15,38	5,0	2,08	2,19	0,48
póréhagymakrém leves	9,82	34,58	19,18	0,0	6,29	10,72	5,0	1,84	9,80	2,74