

LUGASI Andrea<sup>1</sup>DOI: <https://doi.org/10.52091/EVIK-2023/1-1-HUN>

Érkezett: 2022. augusztus – Elfogadva: 2022. november

## *Tropán alkaloidok előfordulása élelmiszerekben – valós és vélt kockázatok*

**Kulcsszavak:** atropin, szkopolamin, antikolinerg hatás, antimuszkarinerg vegyületek, élettani hatás, humán expozíció, kokain, antidótumok, RASFF-riasztás, biotermékek gyommag-szennyezettsége

### 1. Összefoglalás

A tropán alkaloidok számos növény családban előfordulnak, toxikus hatásuk következtében dózistól függően enyhe tüneteket, de akár halált is okozhatnak. Az emberi szervezetbe leggyakrabban szennyeződés, tévesztés vagy bódító hatásuk miatti szándékos visszaélés következtében kerülnek. Gabonafélék, hüvelyesek, egyéb szemes termények, de különösen a vegyszermentes termelésű biotermékek nem megfelelő tisztítása következtében általános közfogyasztásra szánt élelmiszerekben előfordulnak, esetenként dokumentált mérgezést okoznak. A 2021-ben megjelent európai uniós szabályozás a növényi alapanyagok viszonylag széles körére határozza meg a tropán alkaloidok megengedhető mértékét, így a rendelet következetes betartásával elérhető lesz a tropán alkaloid szennyeződésből eredő élelmiszerbiztonsági kockázat csökkenése, mindamelllett, hogy az utóbbi évek élelmiszer-eredetű mérgezéssel kapcsolatos esetei felhívják a figyelmet a szabályozás alá eső élelmi anyagok köre bővítésének szükségességére.

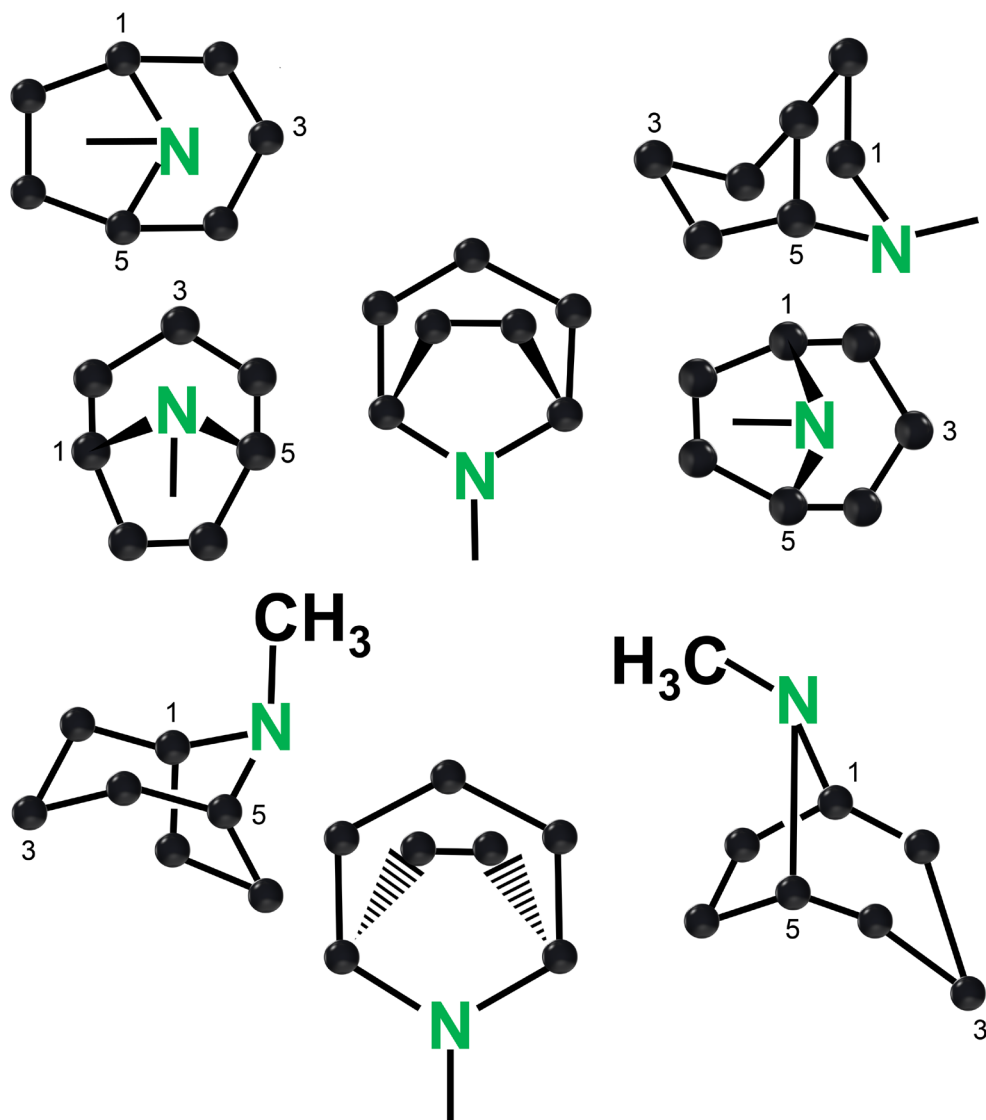
<sup>1</sup> Budapesti Gazdasági Egyetem

## 2. Bevezetés

A tropán alkaloidok a növényvilágban gyakran előforduló másodlagos metabolitok. Élelmiszerbiztonsági kockázatuk az utóbbi néhány évben került előtérbe, elsősorban élelmiszerek véletlen szennyeződésekből adódó veszély kapcsán. Különösen a vegyszermentes technológiával termesztett termények jelenthetnek élelmiszerbiztonsági kockázatot, mivel a gyomirtók használatának tiltása miatt a tropán alkaloidokat tartalmazó gyomnövények elszaporodhatnak és különböző részeik, de elsősorban a magvak belekerülhetnek a hasznos termékbe, akut mérgezést okozó szennyeződést eredményezve. Az utóbbi években a hazai piacon is találtak szennyezett élelmiszereket, illetve előfordult tropán alkaloidoknak tulajdonított, élelmiszer eredetű mérgezés, ez utóbbi a kereskedelmi vendéglátás területén jelent meg. Így a kockázat a végső fogyasztót az előrecsomagolt élelmiszereken és a vendéglátáson keresztül egyaránt érintheti. A tropán alkaloidra vonatkozó, Közösségi szintű szabályozás szükségessége az elmúlt egy - másfél évtized mérgezései okán előtérbe került, és így bizakodásra adhat okot a közelmúltban megjelent európai uniós szabályozás, melynek következetes alkalmazása elegendő védelmet tud biztosítani a fogyasztónak.

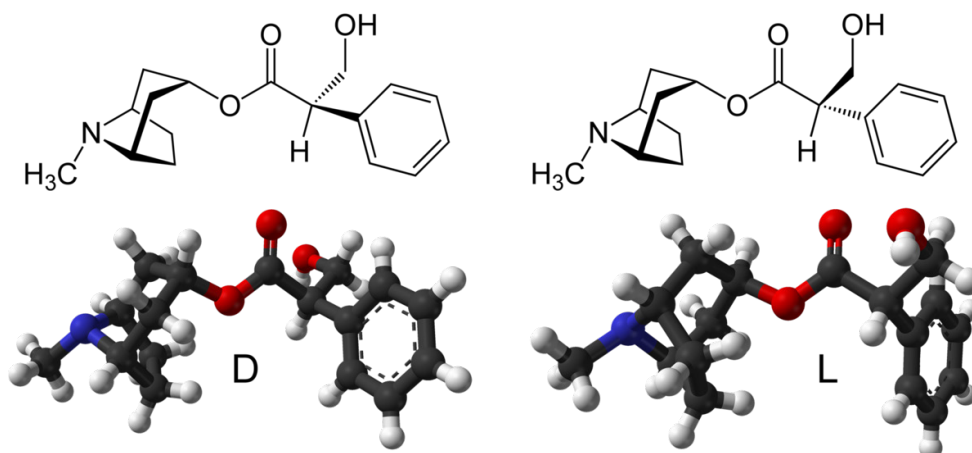
## 3. Kémiai szerkezet, előfordulás

A tropán alkaloidokra az azabicyclo[3.2.1]oktán gyűrűs szerkezet (bicyklus amin, amelyben egy pirrolidin és egy piperidin gyűrű, egy N és két C atomon osztozik) jellemző (1. ábra). Az aminocsoport, az alkaloidokra jellemző módon a legtöbbször metilált [1].



1. ábra. A tropán alkaloidok (1*R*, 5*S*)-8-metil-8-azabicyclo [3.2.1] oktán szerkezete [1]

A tropán alkaloidok alatt mintegy 200 különböző molekulát értünk, melyek között mono-, di- és triészterek, valamint karboxilált és benzoilált vegyületek is megtalálhatók [2, 3]. Legjelentősebb és a leggyakrabban előfordulók tropán alkaloidok azonban az atropin és a szkopolamin. Az atropin valójában a D-hioszciamin és L-hioszciamin racém keveréke (2. ábra) [4], a későbbiekben bemutatásra kerülő élettani hatásokért (antikolinerg hatás) döntő részben az L-hioszciamin tehető felelőssé [5].



2. ábra. A D- és L-hioszciamin szerkezete [4]

Az atropin – dózistól függően – potenciálisan halálos mérgező, nevét Atroposzról (Kérlelhetetlen), a Moirák (Sors istennői) egyikéről kapta, aki ollójával elvágja az élet fonálát a görög mitológiában és így ő dönti el, ki fog meghalni (3. ábra) [6, 7]. Az atropin a VIII. Magyar Gyógyszerkönyvben Atropinum néven szerepel.



3. ábra. Giorgio Ghisi: A három Sors, Clotho, Lachesis és Atropos [7]

A tropán alkaloidok különböző növény családban fordulnak elő, mint a *Brassicaceae* (*Cruciferae*) („mustár” család), *Convolvulaceae* („szulák” család), *Erythroxylaceae* („koka” család), *Euphorbiaceae* („kutyatej” család), *Olacaceae*, *Proteaceae*, és *Rhizophoraceae* („mangrove” család), de legjellemzőbbek a *Solanaceae* („nightsade” vagy „burgonya”) családban [2]. Ez utóbbi növény családban mintegy 100 nemzetséget és 3000 fajt foglal magában. Különösen a *Datura*, *Brugmansia*, *Hyoscyamus*, *Atropa*, *Scopolia*, *Anisodus*, *Przewalskia*, *Atropanthe*, *Physochlaina*, *Mandragora*, *Anthotroche*, *Cyphantera*, és *Duboisia* nemzetség gazdagok tropán alkaloidokban [2]. A *Solanaceae* család ismert tagjai a mandragóra, beléndek, nadragulya, csattanó maszlag és ehető rokonaik, a burgonya, paradicsom, a tojásgyümölcs (padlizsán). A tropán alkaloidok legnagyobb változatosságban a *Datura* és a *Brugmansia* nemzetségben fordulnak elő. Az ismertebb, tropán alkaloidokat tartalmazó növényeket, a bennük található komponenseket az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat. Tropán alkaloidokat tartalmazó növények, növényi részek Adamse és mtsai. alapján [8]

Növény			Tropán alkaloid (TA) vegyület	TA-t tartalmazó növényi rész
Botanikai név	Magyar név	Angol név		
<i>Atropa belladonna</i>	Nadragulya	Deadly nightshade	Szkopolamin, hioszciamin, atropin, kalistegin	Bogyó, levél, gyökér
<i>Datura stramonium</i>	Csattanó maszlag	Jimsonweed, thornapple	Szkopolamin, hioszciamin, atropin	Levél, gyökér, mag, virág
<i>Datura suaveolens</i> ( <i>Brugmansia suaveolens</i> )	Angyaltrombita	Angel's tears, snowy angel's trumpet	Szkopolamin, hioszciamin	Levél, virág, mag
<i>Datura tatula</i>	Métel	Jimsonweed, thornapple	Atropin	Levél, virág, mag
<i>Duboisia myopoides</i>	Parafa	Corkwood	Szkopolamin, atropin	Levél
<i>Hyoscyamus niger</i>	Bolondító beléndek	Henbane, black henbane, stinking nightshade	Szkopolamin, hioszciamin, atropin, kalistegin	Levél, virág, mag
<i>Lycium barbarum</i>	Közönséges ördögcérna	Wolfberry, goji berry	Atropin	bogyó (termés)
<i>Mandragora officinarum</i>	Mandragóra	Mandrake	Szkopolamin, hioszciamin, atropin	Gyökér, termés
<i>Calystegia sepium</i>	Sövényszulák	Hedge false bindweed	Kalistegin	Levél, gyökér
<i>Convolvulus arvensis</i>	Apró szulák, mezei szulák	Field bindweed	Kalistegin	Levél, gyökér
<i>Physalis alkekengi</i>	Lampionvirág, páponya	Bladder cherry, Chinese lantern, etc.	Kalistegin	Levél
<i>Physalis peruviana</i>	Perui földicseresznye, poha, zsidócseresznye	Cape gooseberry, goldenberry	Tigloidin, szekotropán alkaloidok	Gyökér
<i>Erythroxylum coca</i>	Kokacserje	Coca	Számos alkaloid, köztük kokain	Levél

A tropán alkaloidokat tartalmazó, előzőekben bemutatott növényfajok egy része akár élelmiszerként is fogyasztható, például a *Brassicaceae* (*Cruciferae*) és a *Solanaceae* családok tagjai, de humán expozícióval mégsem kell számolni, mivel az ember által fogyasztott növényi részek, például a burgonya gyökérgumója, vagy a paradicsom termése, nem tartalmaznak tropán alkaloidokat. Ugyanakkor a különböző növényi szervekben tropán alkaloidokat nagy mennyiségben tartalmazó növények szinte mindegyike gyomnövényként fellelhető természetben, vagy szabadon termő, de fogyasztható növények környezetében, ezért a belőlük származó tropán alkaloidok expozíció leggyakrabban véletlenszerű fogyasztásból adódik [8]. A **2. táblázat** a leggyakoribb, tropán alkaloidokat tartalmazó gyomnövények, többek között a *Datura stramonium* és az *Atropa belladonna* alkaloidtartalmát mutatja be a különböző növényi részekben.

2. táblázat. Különböző növényfajok és növényi részek tropán alkaloidtartalma (mg/kg szárazanyag)

Faj (származási hely)	Növényi rész	(-)-Hioszciamin	(-)-Szkopolamin	Összes tropán alkaloid	Hivatkozás
<i>D. stramonium</i> (USA)	Mag	1690-2710	360-690	2050-3400	[9]
<i>D. stramonium</i> (Olaszország)	gyökér	nd121	nd-14	Nd-135	[10]
	hajtás	1-915	Nd-129	1-1044	
	levél	134-831	16-73	172-378	
	virág	270-299	66-106	336-405	
	mag	170-387	12-89	182-476	
<i>D. stramonium</i> (kül. variánsok)	levél	425-1655	230-715	1000-1855	[11]
	mag	710-1380	520-1275	1235-2655	
<i>D. stramonium</i> (Olaszország)	mag	1280	680	1960	[12]
<i>D. stramonium</i> (var. <i>tutala</i> is) (Magyarország)	hajtás	360-5910	20-3320	380-8830	[13]
	levél	430-4710	130-1790	560-6430	
	virág	1690-3970	1360-2740	3050-6710	
<i>D. ferox</i> (Argentina)	gyökér		36-900		[14]
	hajtás		29-200		
	levél	x	40-3200	x	
	termés		130-210		
	mag		1500		
<i>D. ferox</i> (Argentina)	mag	nd	610-820	610-820	[15]
<i>A. belladonna</i> (Németország)	gyökér	5290	51		[16]
	levél	2500-9200	20-280	x	
<i>A. belladonna</i> (Európa)	gyökér	500-3700	nd-900	500-4000	[17]
	levél	500-4900	nd-500	700-5100	
	mag	1200-6900	nd-500	1300-7300	
<i>A. belladonna</i> (Németország)	gyökér	3700	100		[18]
	hajtás	1800-3900	70-130	x	
	levél	960-1400	90-130		
	termés+mag	2800-9200			
<i>A. belladonna</i> (Irán)	gyökér	570-880	17-31		[19]
	levél	740-770	28-180	x	
	hajtás	190-1200	23-470		

Faj (származási hely)	Növényi rész	(-)-Hioszciamin	(-)-Szkopolamin	Összes tropán alkaloid	Hivatkozás
<i>A. acuminata</i> (Iran)	levél	900-1200	140-470	x	[19]
<i>A. baetica</i> (Spanyolország)	gyökér	1000-10000	600	x	[20]
<i>H. niger</i> (Bulgária)	mag	140	430	570	[21]

nd: Kimutatási határ alatt (nem detektálható)

x: Nem áll rendelkezésre adat

#### 4. Élettani hatások

A tropán alkaloidok antimuszkarinerg vegyületek, blokkolják a hörgőkben a simaizomzat, a mirigyek és az idegvégződések muszkarin-receptorait, gátolják az izom-összehúzódást, a váladéktermelődést és fokozzák a neuro-transzmitterek felszabadulását. A tropán alkaloidok paraszimpatikus idegrendszer-bénítók, befolyásolják a szív- és légzés-frekvenciát, simaizom-görcsoldók, csökkentik a nyál-, gyomornedv- és fehérjeszekréciót. 3,0-8,0 mg dózisban izgatják a központi idegrendszert, azonban 10 mg fölött bénítják annak működését. A vegyületekre jellemző, hogy a nyálkahártyán át gyorsan és maradéktalanul képesek felszívódni [22].

Az atropin humán élettani hatása a dózis függvényében nagyon eltérő. A vegyület 0,5 mg felvétele enyhe szívritmus-lassulást, gyenge szájszárazságot okoz, gátolja a veríték kiválasztását. Egy 1,0 mg-os mennyiség már erőteljesebb szájszárazságot, szomjúságérzetet, gyors szívritmust, pupillatágulást vált ki. 2,0 mg mennyiségnél gyors szívritmus, palpitáció, kitágult pupillák, elmosódott látás jelentkezik. 5,0 mg bevitel esetén az előző tünetek mellett gátolt beszéd, nyugtalanság, fejfájás, száraz, forró bőr tapasztalható. 10,0 mg feletti mennyiség szervezetbe jutása esetén a fenti tünetek mellett gyors és gyenge pulzus, homályos látás, bőrkipirosodás, ataxia, hallucináció, delírium, végül kómás állapot következhet be [23].

Az atropin mérgezés elsődleges tünetei a tág pupillák, a gátolt nyáltermelés, a hipertermia, a csökkent légzésszám és szívfrekvencia. A hatások a központi idegrendszert is érintik, álmoság, depresszió is megjelenhet. A mérgezési folyamat végső kimenetele keringési elégtelenség, kóma. Az egyedi érzékenység igen változó, a letális dózis: 100-1000 mg, gyerekeknél 10 mg. A szkopolamin mérgezés ugyancsak tág pupillákat, a nyáltermelés gátlását eredményezi, kisdózisnál a szívfrekvencia csökkenését, nagyobb dózisnál azonban annak növekedését okozza. A központi idegrendszerre gyakorolt hatása az atropinéval ellentétes, azaz stimulálja azt. A szkopolamin letális dózisa 100 mg, amely légzésbénulást, majd ebből származó halált okoz [24].

A mérgezés egyszeri expozícióra is bekövetkezik, lappangási ideje 6 órán belül, az expozíció módja leggyakrabban orális, de inhaláció is előfordul. A tropán-alkaloidok a gyomor-bélcsatornán át felszívódnak [25]. A toxikus hatások gyakran már 60 percen belül jelentkeznek a lenyelést követően, és a szubletális klinikai tünetek akár 24-48 órán keresztül is fennállhatnak [26]. Kezelés nélkül gyerekek esetében 2-5, felnőtteknél 10-20 nadragulya bogyó (mag) elfogyasztása halálos. A csattanó maszlag mérgezés 60 perccel az elfogyasztás után már észlelhető. A klinikai tünetek 24-48 órán keresztül fennmaradnak. Egy csattanó maszlag mag tömege kb. 8 mg, így mintegy 100 mag 10 mg atropinnal egyenértékű [27].

Az akut terápia az azonnali dekontamináció (gyomormosás, bélmosás, beöntés), de a mérgezést követően akár 12 óra múlva is. Mérgezés esetén az antidótum a physostigmin (0,02 mg/testtömeg kg), amelyet annak jelentős kardiális mellékhatásai miatt csak nagy óvatossággal szabad alkalmazni [28]. Tüneti, szupportív kezelésként a fizikális hűtés, szedálás, folyadékpótlás, béta-blokkoló beadása, katéterezés jöhet szóba. Elsősegélynyújtáskor

elsődleges a mérreg felszívódásának megakadályozása hánytatással, hashajtással vagy aktív szén adásával, a szomjúság csökkentése folyadékbevitellel, a testhő csökkenése jeges borogatással [29].

## 5. Tények és érdekességek a tropán alkaloidokról

Több mint 520 tropánvázis vegyület rendelkezik CAS számmal. A tropán CAS regisztrációs száma 529-17-9 [30]. A CAS adatbázisban a kokain 50-36-2 volt az első regisztrált tropán származék, a tesofensin (402856-42-2) az utolsó [31, 32]. A legtöbb természetben fellelhető tropán származék természetes deliriáns. A "Bella donna" (*Atropa belladonna*) kifejezés „szép hölgy”-et jelent, a reneszánsz időkben kapta nevét, mivel a hölgyek gyakran csepegtettek a szemükbe az *A. belladonna* atropint tartalmazó terméséből nyert léből, mely kitágította a pupillájukat és ezzel szépnek hatottak [33]. 1910-es és az 1960-as évek között a szkopolamin és a morfin keverékét a szülés közben altatószerként (félálomszerű állapot előidézésére) használták. A vegyületkeverék beadása egy átmeneti állapotot idézett elő, amely alatt az szülő nő félig éber állapotba került a szülés alatt, és a szülési folyamat kiesett az emlékezetéből [34].

A csattanó maszlag a jimson weed nevet onnan kapta, hogy 1676-ban az USA-beli Jamestown-ban brit katonák mérgeződtek meg növényi saláta fogyasztásakor, a tünetek 11 napon keresztül delírium és hallucináció voltak [35].

A szintetikus gyógyszerek egyike a homatropin volt, ami egy félszintetikus észter, Ladenburg szintetizálta, és a E. Merck Company hozta forgalomba 1883-ban, mint a pupillatágító [36]. A legismertebb tropán származék a kokain, amelyet Krisztus előtt 3000 óta gyógyszerként és narkotikumként is alkalmaznak. Kokaintartalmú termék volt például a fogfájás elleni pasztilla [37], vagy French Tonic Wine [38] [39] (4-5. ábra). A Coca-Cola a másik népszerű ital, mely kokacserje kokainmentes kivonatát tartalmazza. A kezdetekben a Coca Cola ital



4. ábra. Kokaintartalmú fogfájás elleni pasztilla reklámja 1885-ből [37]



5. ábra. Jules Chéret, Vin Mariani. Népszerű francia tonic..., 1894. Litográfiai plakát, kiadó: Imprimerie Chaix; 123 × 86,3 cm. [38, 39]



6. ábra. A Coca Cola hirdetése 1902-ből [41]

tartalmazott kokaint, a kokain-mentes változatot a Pure Food & Drug (USA) törvény bevezetése után, 1906-ban jelent meg [40]. A **6. ábrán** a Coca-Cola hirdetése látható 1902-ből [41].

A tropán alkaloidok és a kokain szerkezetét Richard Martin Willstätter (1872-1942) írta le. 1903-ban találta meg a tropánszintézis útját, felfedezése alapvető fontosságú mérföldkőnek számít a szerves kémiában. Willstätter 1915-ben kémiai Nobel díjat is nyert, elsősorban a klorofill és egyéb növényi pigmentek szerkezetének felfedezéséért [42].

A tropán származékok a gazdasági szempontból legjelentősebb farmakonok közé tartoznak [43]. A gyógyszeripar több mint húsz tropánvázis aktív gyógyszerhatóanyagot állít elő, melyek felhasználási területe szereteágazó: pupillatágítók, hányinger-csillapítók, görcsoldók, fájdalomcsillapítók, hörgőtágító hatásúak [5]. Az L-hioszciamin peptikus fekély, irritábilis bélszindróma, ill. Parkinson kór esetén használatos, a kokain helyi fájdalomcsillapító, a tiotropium-bromid a COPD ellenszere, az ipatropium-bromidot asztma esetén alkalmazzák [8].

## **6. Tropán alkaloidok felhasználása, alkalmazása, szándékos és véletlen fogyasztása**

A tropán alkaloidok, elsősorban az atropin, gyógyszerként hivatalos a VII. Európai Gyógyszerkönyvben (VII. Ph. Eur.), terápiás alkalmazása szereteágazó, ez a pupillatágulástól az émelygésen át, az utazási betegség, a bélgörcsök, a bradikardia, egyéb szív- és légzőszervi betegségek kezeléséig terjed [44]. Az atropint a hagyományos kínai orvoslásban ajánlják az ízületi gyulladás kezelésére [45].

Az atropint népi gyógyászatban az idegzsába, reuma enyhítésére, görcsoldásra használják, asztmacigaretában (inhaláció) hörgőgörcsök és a nyálképződés csökkentésére alkalmazzák [46], de a túladagolás lehetősége miatt háziszerként történő használata veszélyes lehet. Hallucinogén hatása miatt kábítószerként is használatos [46].

Nem szándékos használat, szennyeződés esetén mérgezés előfordulhat, tévesztés vagy carry-over hatás, vagy szándékos bevitel, növényi anyag abúzus (túladagolás) következtében. A szennyeződés elsősorban ehető növények termesztése, betakarítása során következik be, amikor a hasznos növényállományban nagymennyiségben jelennek meg tropán alkaloidokat tartalmazó gyomnövények, elsősorban *Datura stramonis*, *Atropa belladonna*, *Hyoscyamus niger*.

Ömlesztett formában forgalmazott kereskedelmi magvak, a szója és egyéb hüvelyesek, gabonák és álgabonák (búza, kukorica, cirok, köles, hajdina), napraforgó, lenmag szennyeződhet csattanó maszlag, angyaltrombita vagy beléndek magjával. Ezek a gyomnövények a szemestakarmányokkal együtt érnek és a betakarításkor kerülnek a takarmányba. A gyommagvak méretükben, alakjukban és színükben hasonlítanak a hasznos termények magvaihoz, így nehezen távolíthatók el válogatás vagy tisztítás útján. Az ilyen típusú szennyeződések súlyos mérgezésekhez is vezethetnek. Például Ugandában 2019-ben a humanitárius élelmiszersegély (kukoricából és szójából álló Super Cereal néven ismert termék) volt szennyezett csattanó maszlagból származó tropán alkaloidokkal, ennek elfogyasztása miatt 300 fő szorult kórházi kezelésre és öt halálesetet okozott [47].

Az emberi táplálkozás szempontjából különösen fontosak a szennyezett gabonafélék, álgabonák, hüvelyesek, mert ezek az élelmiszerek szinte valamennyi korosztály étrendjének részét képezik. A tropán alkaloidok előfordulásával kapcsolatban az egyik legtöbbet vizsgált álgabona a hajdina volt (*Fagopyron esculentum* L.), ami gazdag polifenolokban, vitaminokban és fehérjékben, ezen túlmenően gluténmentes is. Az egyéb gluténmentes termények, mint az amaránt, a csicseriborsó, a borsó, kukorica, rizs, köles, a quinoa és a belőlük készült termékek, kenyerek, péksütemények, tészták, cukrászsütemények, snackek egyre népszerűbbek nem csak a gluténérzékenyek, hanem az egészségükre jobban ügyelő fogyasztók körében is. Emiatt egyre fontosabbá válik az ezekben a terményekben, termékekben jelen lévő tropán alkaloidok előfordulásának gondos ellenőrzésének szükségessége. A szakirodalomban számos publikáció található, melyek az ilyen alapanyagok tropán alkaloid szennyezettségét jellemzik, ezek közül néhányat mutat be a **3. táblázat**.



3. táblázat Élelmiszerek tropánalkaloid-szennyezettsége Gonzales-Gómez és mtsai nyomán [48]

Minta (mintaszám)	Atropin-tartalmú minták (mennyiség)	Szkopolamin-tartalmú minták (mennyiség)	Hivatkozás
Reggeli gabona, reggeli gabona tejjel, keksz, sütemény (113 minta)	21 reggeli gabona (0,09–65,6 µg/kg)	18 reggeli gabona (0,28–15,2 µg/kg)	[49]
Lisztek (hajdina, köles, kukorica), gabonalapú ételek gyerekeknek, reggeli gabonák, kekszek, cukrászsütemények, péksütemények, tészták, kenyerek, hüvelyesek sütőolaj keverékek, olajos magvak (1305 minta)	46 liszt (0,5–149 µg/kg), 42 gabonalapú étel gyerekeknek (0,5–3,73 µg/kg), 15 reggeli gabona (0,5–90,83 µg/kg), 24 keksz és cukrászsütemény (0,5–1,85 µg/kg), 18 kenyér (0,5–3,80 µg/kg), 20 hüvelyes, sütőolaj keverék, olajosmag (0,5–0,11 µg/kg)	46 liszt (0,5–199 µg/kg), 42 gabonalapú étel gyerekeknek (0,5–1,86 µg/kg), 15 reggeli gabona (0,5–17,64 µg/kg), 24 keksz és cukrászsütemény (0,5–0,65 µg/kg), 18 kenyér (0,5–0,36 µg/kg), 20 hüvelyes, sütőolaj keverék, olajosmag (0,5–0,09 µg/kg)	[50]
Hajdina, hajdinaliszt és tészta; szója és szójaliszt; hántolt köles és kölesliszt; lenmag és lenmagliszt (15 minta)	1 hajdina (<1 µg/kg) 1 kölesliszt (13 µg/kg)	1 hajdina (<2 µg/kg) 1 kölesliszt (23 µg/kg)	[51]
Bio hajdina liszt, tészta és péksütemény (26 minta)	1 liszt (83,9 µg/kg) 1 tészta (21,3 µg/kg) 1 péksütemény (13,9 µg/kg)	1 liszt (10,4 µg/kg) 1 tészta (5,7 µg/kg)	[52]
gabonalapú ételek gyerekeknek (keksz, snack, grissini) (18 minta)	1 keksz (11,5 µg/kg)	1 keksz (2,8 µg/kg)	[53]
Búza, kukorica, rizs, zab és köles liszt, kevert gabonalisztek, gabonatermékek csecsemőknek, gabonaalapú termékek (95 minta)	1 paradicsomos rizspehely (9,6 µg/kg)	1 paradicsomos rizspehely (2,6 µg/kg)	[54]
Hajdina és hajdina liszt, quinoa, amarant, teff liszt, finomított kukoricaliszt, kukoricaliszt, kék kukoricaliszt, cirokliszt, hántolt köles, zöld és vörös lencse liszt, csicseriborsó-liszt, borsóliszt (15 minta)	3 hajdina mag és liszt (6,7–21 µg/kg), 1 quinoa (7,1 µg/kg), 1 teff liszt (78 µg/kg), 1 finomított kukoricaliszt (7 µg/kg), 1 cirokliszt (15 µg/kg), 1 hántolt köles (6,9 µg/kg)	1 of teff liszt (28 µg/kg)	[55]
Zöld tea, fekete tea, kamilla, édeskömény, citromfű, borsmenta, rooibos (70 minta)	1 édeskömény (83 µg/kg) 8 borsmenta (20–208 µg/kg)	1 édeskömény (11 µg/kg) 8 borsmenta (20–208 µg/kg) 1 kamilla (2,1 µg/kg) 1 of rooibos (2 µg/kg)	[56]
Szárított gyógynövények (teához) (121 minta)	85 szárított gyógynövény (0,0067–295 µg/kg)	85 szárított gyógynövény (0,0067–134 µg/kg)	[55]
Kakukkfű, bazsalikom, koriander (16 minta)	5 kakukkfű (<5–5,7 µg/kg) 5 bazsalikom (9–11,7 µg/kg) 4 koriander (9,9–42 µg/kg)	2 kakukkfű (<5 µg/kg) 1 koriander (34 µg/kg)	[57]

Gyakran előforduló mérgezés származik – különösen gyerekek esetén – a hibásan azonosított növény elfogyasztásából, például nadragulyatermését (bogyót) fekete áfonya termésével téveszthetik össze. Leírták *Atropa belladonna* téves használatát mályvalevéllel (*Malva silvestris*), *Datura stramonium* levelének téves beazonosítását teaként történő használat esetén, szintén csalánnal, mályvalevéllel, *Symphytum officinale*-val, csattanó maszlag gyökerének használatát *Arcticum lappa* helyett tradicionális használatban vértisztító, vízajtó, bőrtisztító tea főzetként, zöldsalátaként *Datura* virágát használták *Paulownia* (foxxglove tree) helyett [8, 58]. Szennyeződéssel, tévesztéssel vagy szándékos túladagolással összefüggő mérgező esetek kiváló összefoglalói olvashatók többek között Adamse és szerzőtársai 2010-es és 2014-es közleményeiben [8, 58].

Állati takarmány szennyeződéséből származó tropán alkaloidok jelenléte állati eredetű élelmiszerekben (tej, tojás, hús) carry-over bevittel lehetséges. Nyers takarmány esetén ennek jelentősége és lehetősége erősen korlátozott, mivel az állatok megtagadják a tropán alkaloidokkal szennyezett takarmány fogyasztását, a gyomnövény jellegzetes és kellemetlen íze és illata miatt, azonban szárított takarmánykeverék esetén a gyommagvak jelenlétét már nem fedezik fel, így az ebből származó expozíció lehetséges. A tropán alkaloidok nem érzékenyek a hőkezelésre, szárításra, *Datura* maggal szennyezett lisztből készült kenyér sütését követően a toxin 72-100%-a kimutatható a termékben [9], így érthető, hogy mennyisége a szárított takarmányban is számottevő lehet. Szárított takarmánykeverék esetén azonban a száraz *Datura* mag jelenléte súlyos mérgezést, tömeges elhullást is okozhat haszonállatoknál, különösen a sertések érzékenyek a toxinra [59]. Egy 'worst case exposure' becslés szerint a 3000 mg/kg *Datura ferox* mag bevitel a takarmányban a 2002/32/EU irányelv szerint malacokban súlyos mellékhatást okozhat [60]. Ugyanakkor a tropán alkaloidok felszívódása és lebomlása, kiürülése meglehetősen gyors folyamat, a szövetekben, szövetekben nem raktározódnak, így gazdasági állatok húsanak fogyasztása esetén humán mérgezéssel nem kell számolni [59].

A mérgezés másik esete a szándékos használatból, ill. a túladagolásból származik, részben a hallucinogén hatás miatti kábítószerként történő alkalmazáskor, vagy terápiás célú felhasználás (arthritis kezelésére, érzéstelenítésre) esetén. A szándékos mérgezés patológiás esete a gyilkosság, vagy öngyilkosság. Bizonyos esetekben az atropin antidótumként is használatos organofoszfát mérgezés esetén [61].

Sajnálatos módon, hazai vizsgálati eredmények élelmiszerek tropán alkaloid szennyeződésére és ebből eredő mérgezésekre vonatkozóan nem érhetőek el, azonban véletlenszerű vagy szándékos mérgező esetek adatok fellelhetők a Magyar Toxikológiai Információs Szolgálat által gyűjtött adatok alapján [62]. Ezek szerint a *Brugmansia* és *Datura* fajok voltak leggyakoribbak a magyarországi növénymérgezések során. Egy, 2005 és 2017 közötti felmérés szerint a rendszeresen mérgezéseket okozó növényi taxonok között a *Brugmansia* fajok 1-7%-t, a *Datura* fajok 1-16%-ot, a *Convallaria majalis* 6-20%-ot, a *Taxus baccata* 8-19%-ot tettek ki.

## 7. Élelmiszeripari feldolgozás hatása a tropán alkaloidokra

A tropán alkaloidok viszonylag hőstabilak. List és Spencer vizsgálatai szerint a szójabab feldolgozása során a szennyeződésként jelenlévő hiosziamin és a szkopolamin mennyisége is csökkent, az előbbinek 90%, az utóbbinak 84%-a maradt meg a **zsírtalanított szójalisztben. A finomítatlan szójaolajban az eredeti alkaloidmennyiség kb. 0,1% volt jelen, és ennek is több mint 90%-a elveszett az olaj lúgos finomítása és mosása következtében [63].** Csattanó maszlag magvakkal szennyezett búzából készült kenyér sütése során a hőkezelés 0-28%-kal csökkentette a tropán alkaloidok koncentrációját [9]. Tropán alkaloidokkal szennyezett hajdinalisztból készült žganci (kása-szerű étel) főzése során az atropin és a szkopolamin koncentrációja 60, illetve 40%-kal csökkent [64].

Marín-Sáez és mtsai hajdina- és köleslisztek *Datura stramoniummal* és *Brugmansia arborea*-val szennyezett mintáit vizsgálták, a lisztek kelesztési (37 °C) és sütési (190 °C) folyamatoknak vetették alá [65]. A kelesztés során a tropán alkaloidok koncentrációja csökkent (13-95% lebomlás), míg a sütési körülmények között szinte teljesen eltűnnek (94-100% lebomlás). Ugyancsak Marín-Sáez kutatócsoportja vizsgálta tropán alkaloidok lebomlását tésztaból és zöld teából [66]. A tészta 100 °C-on 10 percig forrázták, a teát 100 °C-os vízzel készítették, majd 5 percig hűlni hagyták. A tészta és a zöld teát *Datura stramonium* és *Brugmansia*

*arborea* magvakkal szennyezték, míg a kokalevél teát közvetlenül elemezték. A lebomlási vizsgálatok azt mutatták, hogy a tropán alkaloidok koncentrációja csökkent, és ez függött a vegyülettől, a legnagyobb mértékű degradáció a tropinon, tropán, a kuskohigrin (cuscohygrine) és a tropin vegyületek esetében volt kimutatható, de azt is megfigyelték, hogy a főzési során a vegyületek a vizes fázisba vándoroltak [66].

A legfrissebb tanulmány csattanó maszlaggal szennyezett, kukoricalisztből készült, gluténmentes kenyérrudacsok tropán alkaloid-tartalmáról számol be. A termikus lebomlási vizsgálatok a tropán alkaloidok mennyiségének csökkenését mutatták sütés közben (180 °C, 20 perc), ami - az alkalmazott előkészítési körülményektől függően - az atropinnál 7-65%, a szkopolamin és az anizodamin 35-49% a esetében volt [67].

## 8. Élelmiszerbiztonsági jogi szabályozás takarmányokban, élelmiszerekben

A tropán alkaloidok - mint potenciálisan toxikus vegyületek - jelenléte általános közfogyasztásra szánt élelmiszerekben, étrend-kiegészítőkben, különleges táplálkozási célú élelmiszerekben, vendéglátásban felszolgált ételekben nem kívánatos. Alapvető kívánalom a biztonságos élelmiszer forgalmazása, így az élelmiszerjog általános elveiről és követelményeiről, az Európa Élelmiszerbiztonsági Hatóság létrehozásáról, valamint az élelmiszerbiztonságra vonatkozó eljárások megállapításáról szóló 178/2002 EK rendeletben írottak a meghatározók [68].

Az Európai Unióban sokáig kellett várni a hatékony szabályozás megjelenésére. Meglepő módon előbb jelent meg a maradékanyagokra vonatkozó rendelet a haszonállatok, mint az ember vonatkozásában. A takarmányban előforduló nemkívánatos anyagokról szóló 2002/32/EK irányelv meghatározza, hogy alkaloidákat, glükozidákat vagy más mérgező anyagokat külön, illetve kombinációban tartalmazó gyommagvak és öröletlen vagy össze nem zúzott termések, beleértve a csattanó maszlag magját is maximum 3000 mg/kg mennyiségben, így a *Datura stramonium* L. magvak maximum 1000 mg/kg mennyiségben fordulhatnak elő 12 %-os nedvességtartalmú takarmányra vonatkozóan [60]. Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) 2008-ban kiadott állásfoglalásában megállapította, hogy állati eredetű élelmiszerekkel tropán alkaloidok nem jutnak be az élelmiszerláncba, így ez a fogyasztók számára nem okoz kockázatot. Ugyanakkor, az állásfoglalást összeállító tudományos panel felhívta a figyelmet a tropán alkaloidok mérési módszerei validálásának fontosságára [59].

5 évvel később, 2013-ban az EFSA újabb szakértői állásfoglalást bocsátott ki az élelmiszerekben és takarmányokban előforduló tropán alkaloidokról [69]. A rendelkezésre álló adatok alapján az EFSA egy, a (-)-hioszciamin és a (-)-szkopolamin összegében kifejezett 0,016 µg/testtömeg kg mértékű csoportos akut referenciadózist (ARfD) határozott meg, egyenértékű hatásérősség feltételezése mellett. Ezen túlmenően megállapította, hogy bár meglehetősen korlátozott számú információ áll rendelkezésre, de ezek azt jelzik, hogy a kisgyermekek tropán alkaloidokra vonatkozó étrendi kitettsége jelentős mértékben meghaladhatja a csoportos akut referenciadózist.

Az EFSA álláspontjára alapozva jelent meg a Bizottság 2016/239/EK [70] rendelete az élelmiszerekben előforduló egyes szennyező anyagok felső határértékeinek meghatározásáról szóló 1881/2006/EK rendelet [71] csecsemők és kisgyermekek számára készült, kölest, cirokot, hajdinát vagy ezekből származó termékeket tartalmazó feldolgozott gabonaalapú élelmiszerekben és bébiételekben előforduló atropinra és szkopolaminra vonatkozó felső határértékek tekintetében történő módosításáról. Ennek megfelelően, az említett élelmiszerekben az atropin, ill. a szkopolamin megengedett felsőértéke külön-külön 1,0 µg/kg.

Az EFSA 2013-as állásfoglalásában [69] kiemelte, hogy nélkülözhetetlen lenne az élelmiszerekben és takarmányokban természetesen előforduló vagy szennyező anyagként jelen lévő tropán alkaloidok részletesebb jellemzése, gabonafélékben és olajos magvakban való előfordulásukra vonatkozó analitikai adatok összegyűjtése. Ezen analitikai adatok összegyűjtése az Európai Bizottság tagállamok élelmiszeripari vállalkozói felé irányuló, a tropán alkaloidok monitorozását célzó ajánlása [72] alapján meg is történt. Az Ajánlás felhívta a tagállamok az élelmiszerbiztonságot felügyelő hatóságait, hogy az élelmiszeripari vállalkozók aktív bevonásával kövessék nyomon a tropán alkaloidok élelmiszerekben való előfordulását, különös

tekintettel a gabonafélékben és belőlük készült termékekben (hajdina, cirok, köles, kukorica és hajdina-, cirok-, köles- és kukoricaliszt), csecsemőknek és kisgyermekeknek szánt gabonaalapú élelmiszerekben, reggeli gabonapelyhekben, malomipari termékekben, emberi fogyasztásra szánt magvakban, gluténmentes termékekben, étrend-kiegészítőkben, teákban és gyógynövényteákban, hüvelyes zöldségekben (hüvely nélkül), hüvelyesek és olajos magvakban, valamint az ezekből származó termékekben [72].

2016-ban megjelent a tropán alkaloidok élelmiszerekben való előfordulásáról szóló, kilenc tagállamot érintő, ad hoc adatgyűjtési vizsgálat eredményeit bemutató összefoglaló tanulmány [50]. Az eredmények értékelését követően, 2018-ban az EFSA tudományos jelentést bocsátott ki az uniós lakosság tropán alkaloidoknak való akut étrendi expozíciójának tekintetében [73]. A jelentést 2019-ben frissítették. Ez a jelentés ismerteti a becsült emberi akut étrendi tropán alkaloid expozíciót, 17 európai ország és egy szövetség, a Tea & Herbal Infusions Europe adatai alapján a 2009-2016 közötti, majd 2019-ig terjedő időszakból származó mérési eredmények segítségével. Az elemzéshez mintegy 7.900 élelmiszerből származó, közel 45 ezer analitikai adatot használtak fel (6.943 atropin és 6.897 szkopolamin mérési eredmény, 14.851 egyéb *Datura* típusú tropán-alkaloid és 15.493 egyéb tropán alkaloid). A leggyakrabban előforduló tropán alkaloidok az atropin (6.943 mintában; 15,7 %) és a szkopolamin (6.897 mintában; 15,6%) voltak [73].

Nagy mennyiségű atropin szennyeződés volt jelen a kendermagban (77,2 µg/kg), különböző fűszerekben (pl. koriandermag 35,0 µg/kg; édesköménymag 6,1 µg/kg), teákban és főzetekben (zöld tea 10,01 µg/kg), gabonaszemekben (átlag 6,3 µg/kg). Szkopolamin viszonylag nagy koncentrációban volt jelen kendermagban (64,9 µg/kg), teákban és főzetekben (kamillavirág 11 µg/kg, zöld tea 10 µg/kg) és fűszerekben (koriandermag 22 µg/kg), burgonyában és burgonyatermékekben kaliztegin A3 szennyeződés volt kimutatható (107 mg/kg) [73].

Az atropin és szkopolamin együttes átlagos akut étrendi expozíciója a csecsemőknél volt a legmagasabb: 1-19 ng/ttkg/nap, de az idősebb gyermekek kitétsége is hasonlóan magas volt: kisgyermeknél 2-19 ng/ttkg/nap, és a 18 év alatti gyermekek esetében 1-18 ng/ttkg/nap volt a megállapított bevitel. A tropán alkaloidok akut expozíciójára vonatkozó becslés szerint a lakosság számos csoportja (de különösen a fiatal, sérülékeny korosztály) túllépi az akut referenciadózist (16 ng/ttkg/nap) és azt is megállapították, hogy az atropin és a szkopolamin együttes expozíciójához a kenyér és gabonai termékek járultak hozzá legnagyobb mértékben, minden korosztály tekintetében. A felmérési adatok szerint az élelmiszerláncban aggályos mennyiségben fordulnak elő a tropán alkaloidok, különösen az atropin és a szkopolamin.

Mindezek alapján 2021-ben ismét módosították a 1881/2006/EK rendelet, így a gabonafélék, az azokból származó termékek és egyes gyógynövényforrások tekintetében is meghatározták a felső határértékeket [74] (4. táblázat). A 2021/1408/EK rendelet mellékletében felsorolt, 2022. szeptember 1-je előtt jogszerűen forgalomba hozott élelmiszerek a minőségmegőrzési vagy a fogyaszthatósági idejük lejártáig forgalomban maradhatnak. A szabályozás továbbra is kiemelten kezeli a csecsemőknek, kisgyermekeknek szánt élelmiszereket és meghagyja a korábbi értékeket, azaz az 1-1 µg/kg megengedhető mennyiséget atropinra és szkopolaminra. Ezen túlmenően, széles körben érinti a növényi eredetű élelmiszereket, gabonákat (kukorica, köles, cirok), álgabonát (hajdina) és gyógynövényeket. Ismerve a magyarországi, köménymag szennyeződéséből eredő mérgező esetet (lásd később), a szabályozás alá vont élelmiszerek köre hiányosnak tűnik, így a tropán alkaloidok vonatkozásában célszerű lett volna a fűszernövény magvakra is előírni felső határértéket.

4. táblázat. A tropán alkaloidok (atropin, szkopolamin) élelmiszerekben megengedhető felső határértéke a 1881/2006/EK rendelet alapján, egységes szerkezetben [70, 74]

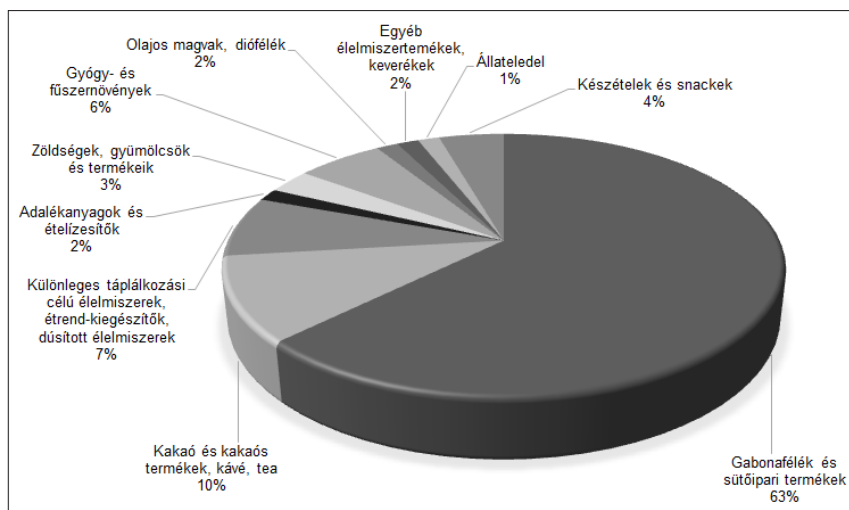
Élelmiszerek	Felső határérték (µg/kg)	
	Atropin	Szkopolamin
Kölest, cirokot, hajdinát, kukoricát és ezekből származó termékeket tartalmazó, csecsemők és kisgyermek számára készült, feldolgozott gabonaalapú élelmiszerek és bébiételek	1,0	1,0

Élelmiszerek	Felső határérték (µg/kg)
	Az atropin és szkopolamin összege (µg/kg)
Feldolgozatlan köles és cirok	2022. szeptember 1-jétől 5,0
Feldolgozatlan kukorica a következők kivételével: - nedves őrléssel történő feldolgozásra szánt feldolgozatlan kukorica - pattogtatásra szánt feldolgozatlan kukorica	2022. szeptember 1-jétől 15
Feldolgozatlan hajdina	2022. szeptember 1-jétől 10
Pattogtatásra szánt kukorica Végső fogyasztók számára forgalomba hozott köles, cirok és kukorica Kölesből, cirokból és kukoricából származó malomipari termékek	2022. szeptember 1-jétől 5,0
Végső fogyasztók számára forgalomba hozott hajdina Hajdinából származó malomipari termékek	2022. szeptember 1-jétől 10
Gyógynövényforrázat (szárított termék), a következő sorban említett gyógynövényforrázatok kivételével	2022. szeptember 1-jétől 25
Ánizsmagból származó gyógynövényforrázatok (szárított termék)	2022. szeptember 1-jétől 50
Gyógynövényforrázatok (folyékony)	2022. szeptember 1-jétől 0,20

Az étrend-kiegészítőkről szóló európai uniós 46/2002/EK irányelv és annak hazai átültetése, a 37/2004. (IV. 26.) ESZCSM rendelet az étrend-kiegészítőkről nem ad konkrét útmutatást az egészségre káros anyagokra, ezek étrend-kiegészítőben történő alkalmazhatóságára, a megengedhető mennyiségre, határértékekre, stb. vonatkozóan [75, 76]. Ugyanakkor, az Országos Gyógyszerészeti és Élelmezés-egészségügyi Intézet (korábban Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet, OÉTI) által az európai uniós csatlakozást követően összehívott Szakértői Testület 2006-ban összeállított egy listát, mely az élelmiszerekben, beleértve az étrend-kiegészítőket is, alkalmazásra nem javasolt növényeket tartalmazza [77]. Ezek között számos, tropán alkaloidokat tartalmazó növény, ill. növényi rész található, úgy mint *Atropa belladonna*, *Hyoscyamus niger*, *Mandragora officinarum*, *Scopolia* sp., *Datura stramonis*, *Solanum nigrum*, *S. dulcimara*, *Brugmansia* sp. Érdemes megemlíteni, hogy korábban e negatív listán szerepelt a *Lycium barbarum* termése (gyümölcse, goji bogyó) is, tekintettel arra, hogy egy 1989-es közlemény [78] szerint a termésben (vékonyréteg kromatográfiás – TLC technikával meghatározva) 0,95 % atropin és 0,29 % (-)-hioszciamin található. A szerző utal arra is, hogy ezek a tropán alkaloidok hasonló mennyiségben megtalálhatók a gyökérben és a friss hajtásban is. Ugyanakkor, Drost-Karbowska, 1984-es közleményében nem ír tropán-alkaloidokról a *Lycium barbarum* termésében [79]. Adams 2006-ban HPLC-MS technikával 19 µg alkaloid/kg termés mennyiséget mutatott ki, míg Potterat (2010) nem tudta tropán alkaloidok jelenlétét igazolni a termésben [80, 81]. Ez utóbbi adatokra történő hivatkozással jelenleg az OGYÉI negatív lista ma nem tartalmazza a *Lycium barbarum* termését.

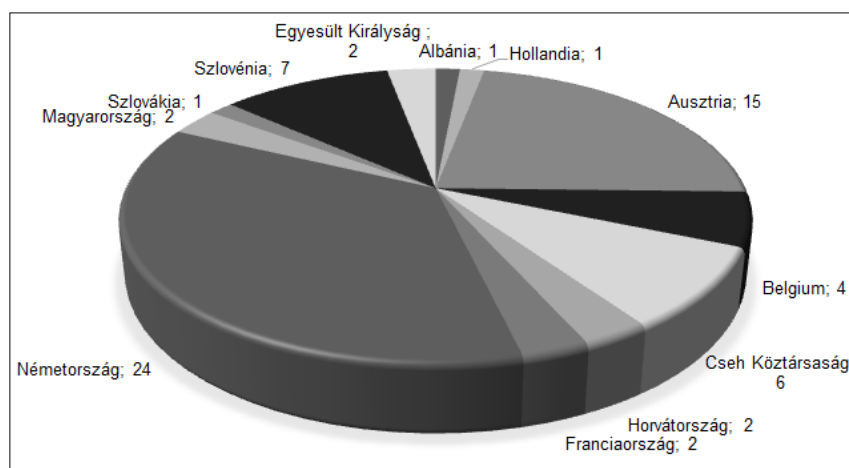
## 9. Tropán alkaloidok jelenléte élelmiszerekben, RASFF riasztások

Az Európai Unió élelmiszerekkel és takarmányokkal összefüggő gyorsriasztási rendszerében (RASFF: Rapid Alert System for Food and Feed) 2006-2022 között 67 olyan esemény (riasztás, információ, visszautasítás a határon) található, mely tropán alkaloidokkal függ össze [82]. Az érintett élelmiszerek döntő többsége gabonai termékek: köles (arany, barna) liszt és termékek, cirok, hajdina, valamint kisgyerekeknek szánt élelmiszerek (gabonapehely), kukorica (liszt, popcorn) spenót, köménymag, múzli, borsmenta, zab- és szójapehely, gyógynövényteák, chipsek (7. ábra). Valamennyi esetben a tropán alkaloidok szennyeződésként voltak jelen a termékekben. A tropán alkaloidok forrása többségében csattanó maszlag (*Datura stramonium*) és fekete csucsor (*Solanum nigrum*) volt, de legtöbb esetben csak az atropin és a szkopolamin jelenléte/mennyisége jelent meg a RASFF adatbázisban.



7. ábra. Az egyes élelmiszer típusok megoszlása az Európai Unió RASFF rendszerében megjelenő, tropán alkaloidokkal összefüggő bejelentésekben, 2006-2022 július

A legtöbb jelzés Németországból (24) és Ausztriából (15) érkezett (8. ábra), de a szennyezett élelmiszerek több mint 40 országba eljutottak, érintették szinte valamennyi EU tagállamot, de például Kínát, Japán, Szenegált, Bahreint, Svájcot, Dél-Afrikai Köztársaságot, Andorrát, Bosznia-Hercegovinát is. A legtöbb bejelentés tropán alkaloidokkal kapcsolatban 2015-ben volt (9. ábra), ekkor Németország és Ausztria 4-4 terméket, Csehország pedig egy esetet jelentett a RASFF rendszerben.

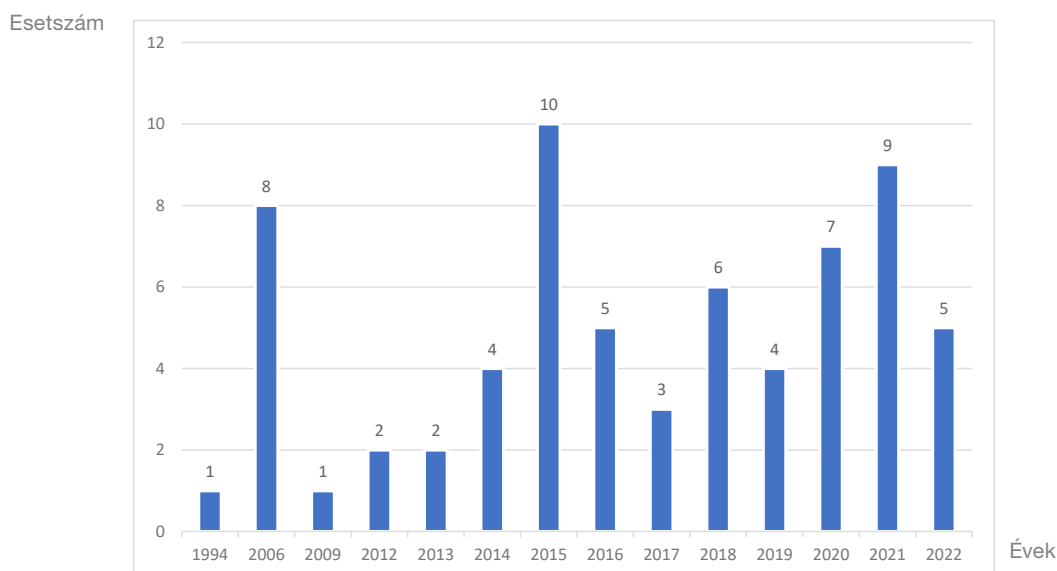


8. ábra. A tropán alkaloidokat érintő RASFF esetek bejelentő ország szerinti megoszlása (2006-2022)

A 67 eseményből 22 eset érintette Magyarországot, vagy azért, mert az alapanyag hazánkban származott (11 eset), vagy azért, mert a termék a hazai kereskedelemben is megjelent, illetve megjelenhetett (11 eset). Hazánk két esetben tett bejelentést a RASFF-rendszerbe tropán alkaloidokkal szennyezett élelmiszerről.

Az egyik élelmiszer a 2018-ban a nagy sajtóvilágosságot szerzett, csattanó maszlaggal szennyezett köménymag volt (2018.0774), ami a RASFF portálon egyértelműen úgy jelent meg, hogy a szennyezés forrása magyar termék volt. A másik magyar bejelentés egy lengyel zabpehelyhez kapcsolódik (2020.5838), melyben a magyar hatóság szintén csattanó maszlagot talált. A 2021-2022-ben a NÉBIH weboldalán és több sajtótermékben is megjelenő, csattanó maszlag magvakat tartalmazó, különböző vállalkozások által előállított és forgalmazott fagyasztott zöldbab nem jelenik meg a RASFF-ban.

2006-ban *Datura* magvak voltak (130 mag/kg) Magyarországról és Ausztriából származó biokölesben (2006.0833), ugyancsak csattanó maszlag magvait találták állateledelnek szánt vörös kölesben (2006. BYZ) 2009-ben. 2009-ben Szlovénia jelentett a RASFF-ba hazánkban származó hajdina lisztben 110 µg/kg



9. ábra. Tropán alkaloidokkal kapcsolatos RASFF bejelentések száma évenkénti bontásban, 1994, 2006-2022

atropint és 47 µg/kg szkopolamint (2009.0558). 2104-ben a német hatóságok találtak atropint (46 µg/kg) és szkopolamint (25 µg/kg) Ausztriából származó barna köles (*Uroclora ramosa*) lisztben, ahol az alapanyag származási helye Magyarország és Hollandia volt (2014.1652). 2015 márciusában egymás után három, Ausztriából induló riasztásban szerepelt magyar alapanyag, bio puffasztott kölesben 481 µg/kg atropin és 533 µg/kg szkopolamin, puffasztott kölesben 384 µg/kg atropin és 388 µg/kg szkopolamin, továbbá kölesgolyóban 304 µg/kg atropin és 358 µg/kg szkopolamin volt kimutatható (2015.0338, 2015.0339, 2015.0399). 2016-ban ismét köleslisztben volt kimutatható atropin (23,5 µg/kg) és szkopolamin (9,5 µg/kg) (2016.1298). A 2018-as év a köménymagról szólt (lásd később), 2021-ben Magyarországról származó bio lenmaglisztben mutatott ki a német hatóság atropint (100 - 238 µg/kg) (2021.6052), 2021-ben ugyancsak a német hatóság tropán alkaloidok jelenlétét jelezte a RASFF-ban magyar petrezselyemben, de konkrét mérési eredmények nem találhatók az adatbázisban (2021.3836).

Magyarországra bekerülő termékek tropán alkaloid szennyezettségét jelentették a RASFF-ban, 2006-ban bio kölesben (2006.0737, 2006.0833), 2014-ben két esetben Németországból származó, gabonaalapú bébiételekben (2014.1694, 2014.1596), 2015-ben barna kölesben és kukoricaliszt alapú biotermékben (2015.0203, 2015.0210). 2018-ban atropint és szkopolamint mutattak ki hazánkban is forgalmazott, Lengyelországból származó növényi forrázatban (pontos összetétele nem ismert) (2018.2009), Franciaországból származó pattogatni való kukoricában (2018.1447), és osztrák bio müzliben (2018.2695). 2020-ban csattanó maszlag magvakkal szennyezett lengyel zabpehely (2020.5838), valamint atropint és szkopolamint tartalmazó bio szójapehely (2020.0366) került a hazai boltokba. 2022-ben Németországból származó, többféle ízesítésű kukorica chips (2022.3840) került hazánkban forgalomba (a kézirat befejezéséig tropán alkaloid mérési eredmények nem érhetőek el a RASFF oldalon).

A RASFF oldalon feltüntetett információk szerint, az érintett tagállamok a szennyezett termékeket visszahívták a piacról, mérgezésekről, egészségkárosító hatásról nincsenek információk.

Érdemes még felhívni a figyelmet arra, hogy az elmúlt néhány évben (2018 és 2022 között) a hazai hatóság több esetben is jelezte, ill. hívta fel a fogyasztók figyelmét különböző élelmiszerekben tropán alkaloid, illetve csattanó maszlag jelenlétére, mely esetek azonban a RASFF-ban nem jelentek meg. A NÉBIH 2016-ban két, nagy valószínűséggel hazai gyártású extrudált kölesgolyót (gluténmentes, extrudált bio kölesgolyó, földimogyorós ízesítésű, ellenőrzött ökológiai gazdálkodásból, 75 g; enyhén sózott, gluténmentes, extrudált kölesgolyó ellenőrzött ökológiai gazdálkodásból, 150 g) vont ki a forgalomból magas atropin- és szkopolamin-tartalom miatt [83]. 2020-ban a gyártó önellenőrzése alapján különböző ízű, német gyártmányú müzli

szeleteket hívtak vissza a kereskedelemről [84]. 2021-2022-ben csattanó maszlag jelenlétére hívta fel a hazai hatóság a figyelmet, különböző márkaneven, különböző forgalmazók által piacra helyezett, 1000 g-os, gyorsfagyasztott sárgahüvelyű zöldbabban [85, 86]<sup>1</sup>.

## 10. Tropán alkaloidok jelenléte a vendéglátásban

A rendelkezésre álló szakirodalmi források, valamint a RASFF riasztások adatai alapján tropán alkaloidokkal leggyakrabban szennyeződő, feldolgozott élelmiszerek azok, ahol alapanyagként gabonaféléket (búza, kukorica, rozs, zab, rizs, köles), álgabonákat (hajdina, teff, amarant), hüvelyeseket használtak. Sajnálatos módon gyakran fordulnak elő sérülékeny csoportoknak szánt termékekben, mint például bébiételek, kisgyermekeknek szánt gabonaalapú élelmiszerek, reggeliző pelyhek. Felmerülhet fűszernövények gyomnövény-magvakkal történő szennyeződése is. Bizonyos gyógynövényekkel való tévesztés okán, egészségre ható termékek, étrend-kiegészítők is a tropán alkaloidok potenciális forrásai lehetnek. Szerencsére, állati eredetű élelmiszerekben (elsősorban hús, de akár tej, tejtermék tojás), a tropán alkaloidok megjelenése nem várható, tekintettel arra, hogy a tropán alkaloidokkal szennyeződött takarmány rossz ízű, az állat azt nem fogyasztja el, emésztőrendszerébe nem kerül, szervezetében nem szívódik fel.

A fentebb említett élelmiszerek, ill. élelmiszer-alapanyagok óhatatlanul megjelennek a vendéglátásban, így ezen a területen is foglalkozni kell a lehetséges egészségkárosító hatásokkal. Ha áttekintjük a 2006-2022 közötti, akár a tropán alkaloidok okozta mérgezésekről beszámoló nyilvános híreket, akár a RASFF adatait, akár a hazai hatóság, a NÉBIH figyelmeztetéseit, felhívásait, megállapítható, hogy ezek közül a legnagyobb nyilvánosságot a következő, 2018-as köménymagos esemény kapta: sajtóhírek alapján ismert, hogy 2018. áprilisában, vendéglátóhelyen elfogyasztott étel után kerültek fogyasztók (zömmel külföldi turisták) akut mérgezéses tünetekkel kórházba [87]. A tünetek alapján, valamint a betegek szisztematikus kivizsgálása után világossá vált, hogy atropinmérgezésről van szó. A *Vendéglátás Magazin* című szaklapban olvasható cikk szerint, néhány hónappal korábban, 2017 decemberében szintén vendéglátóhelyen történt hasonló mérgezés, majd a hatóság látóterébe került olyan élelmiszer, konkrétan fűszer, köménymag, mely felelőssé volt tehető a fogyasztók tüneteire [87]. A mérgezést közvetítő étel gulyásleves volt, amelyet a hagyományos receptúra szerint köménymaggal (is) fűszereznek [88]. A hatóság az első, 2017 decemberi esetet követően több cég által forgalmazott tétel kapcsán hívta fel a fogyasztók, vendéglátásban, közétkeztetésben érdekelt vállalkozások figyelmét a tropán alkaloidokkal szennyezett köménymagra [89, 90]. A magyar hatóság a márciusi vizsgálatok eredményeit továbbította a RASFF rendszerébe, ahol a riasztás 2018.0774 referenciaszámmal található, továbbá egész köménymagra vonatkozóan konkrét mérési adatok is megjelennek, atropinra (16177,6 µg/kg) és szkopolaminra (4658,3 µg/kg) vonatkozóan. Az eset érdekessége, hogy a RASFF riasztásban a termék származási helyeként Magyarországot jelölték meg, ugyanakkor a sajtóhírek szerint a fűszer több állomáson (importőr, kereskedő, őrlő, csomagoló, forgalmazó) keresztül érkezhetett az éttermekbe, ahol a mérgezéseket okozta, lehetséges eredete azonban inkább Egyiptom, de erre vonatkozó megerősítés nem érhető el sem a NÉBIH honlapján, sem a RASFF portálon. Érdemes még arra is felhívni a figyelmet, hogy egy hazai bébiétel előállító cég is visszahívta azon köménymaggal fűszerezett termékét, mely érintett lehetett a szennyeződésben, ezzel is eleget téve a vállalkozói felelősség elvének. A hatóság az érintett forgalmazók bevonásával a még forgalomban lévő termékeket visszahívta, így a későbbiekben már nem érkeztek hírek további mérgezésekről, mindamellett, hogy a szennyezett fűszer a magánháztartásokba is eljuthatott.

A 2018-as köménymagos mérgezések után, a 2019-ben megrendezett Hungalimentaria 2019 konferencián elhangzott egy NÉBIH munkatárs által tartott összefoglaló előadás, amelyben az eseménnyel kapcsolatban mérési eredmények is bemutatottak [90]. Őrölt fűszerköményben átlagosan 7219 mg/kg (689-745 mg/kg) atropin és 237 mg/kg (232-244 mg/kg) szkopolamin volt kimutatható, egész köményben 15,8 mg/kg (16,1-15,4 mg/kg) atropin, 4,5 mg/kg (4,3-4,6mg/kg) szkopolamin. Különböző módon előkészített, illetve elkészített búzafehérje (szejtán) termékekben átlagosan 145 µg/kg atropin és 124 µg/kg szkopolamin volt jelen, bébi-

<sup>1</sup> A NÉBIH termék visszahívásokat bemutató oldalán csak az utolsó 6 hónapra vonatkozó adatok érhetőek el, így korábbi kiadott termék visszahívásokra csak sajtóhírek alapján lehetséges hivatkozni.



ételekben mindkét tropánvázas alkaloid 10 µg/kg alatti mennyiségben volt jelen. Jóllehet, az adatokat tudományos közleményben eddig nem erősítették meg, de azt mindenképpen jelzik, hogy a hatóság által vizsgált fűszerkömény tételek jelentős mennyiségben tartalmaztak csattanó maszlag-szennyezést. Egész termés esetén a szennyezés szabad szemmel is észrevehető, örölt fűszernél értelemszerűen már nem ismerhető fel a gyomnövény magja.

Ahogy az általános közfogyasztású élelmiszerek esetében, úgy vendéglátó termékek területén is egyre népszerűbbek a bio, vegán, nyers vegán és mentes termékek. A bio termesztésű növényi alapanyagok esetében – a gyomirtó szerek használatának tiltása miatt – előfordulhat gyomnövény-magvakkal, így akár tropán alkaloid-tartalmú magvakkal történő szennyeződés. A hagyományőrzés okán számos gabonából, álgabonából (kukorica, köles, cirok, hajdina) készült étel kerül egyre gyakrabban a vendéglátóhelyek étlapjára. A gluténérzékeny egyének számára kínált, búzától és egyéb, glutént tartalmazó összetevőktől mentes, továbbá a tisztán növényi alapanyagokból álló vegán termékek is forrásai lehetnek növényi szennyezőknek, ezért nem csak az élelmiszeriparban, hanem a vendéglátásban működő vállalkozásoknak is figyelmet kell fordítaniuk erre a potenciális kockázatra.

### 11. A biotermékek tropán alkaloid szennyezettsége

Jelenleg az európai szabályozás alapján számos herbicid (gyomirtószer) használható a növénytermesztésben meghatározott feltételek mellett, melyek megakadályozzák a gyomok megjelenését és további szaporodását különböző növénykultúrákban. Az ökológiai (bio) gazdálkodásban általában tiltják a vegyszerek használatát, így a gazdáknak a gyomok elpusztítására is vegyszeres kezeléstől eltérő, egyéb eljárásokat kell alkalmazniuk. Tekintettel arra, hogy a tropán alkaloid-tartalmú gyomnövények gyakran jelennek meg azokon a területeken is, ahol különböző szemes és hüvelyes termények, gabonafélék termesztése zajlik, gyomirtó szerek hiányában a gyomnövények önmagukban a learatott termésben, vagy magvaik a hasznos magvak között gyakorta előfordulnak. A gyommagvak jelenléte nem jelentene veszélyt, ha a hasznos termény és a gyomnövény magja között méretben, színben vagy fajsúlyban számottevő különbség lenne, mivel ezekben az esetekben különböző elven működő tisztítóberendezések alkalmazásával a magvak egymástól elválaszthatóak lennének. Azonban a köles, hajdina, lenmag, szója és néhány egyéb szemes termény és fűszernövény magja nagyon hasonlít a csattanó maszlag magjához, színben, méretben és így jelenleg nem áll rendelkezésre megfelelő technológia, amelynek alkalmazásával a csattanó maszlag magja a terményből hatékonyan eltávolítható lenne [48]. A nem bio gazdálkodásban a vegyszeres gyomirtás a gyomnövény kelését megakadályozza, bio gazdálkodásban csak a nagy időigényű kézi gyomirtás, és/vagy a betakarítást követő laboratóriumi ellenőrzés jöhet szóba, amely azonban az alkalmazott módszer függvényében különböző mértékben bonyolult, illetve költséges, így az esetek többségében ez az út nem járható. Ezt az állítást ugyan kevés vizsgálati eredmény támasztja alá, de az a tény, hogy a RASFF riasztások között gyakran találkozunk biotermékekkel, mégis jelzik a biotermékek gyommagvakkal történő lehetséges szennyeződésének nagyobb kockázatát. A szakirodalomban egy közlemény érhető el ebben a témában. Cirilini és mtsai 26 bio, azaz vegyszermentes termelésből származó hajdinaterméket (liszt, tészta, péksütemény) vizsgáltak tropán alkaloid tartalomra. Három mintában találtak szennyeződést (13,9-83,9 µg/kg atropin és 5,7-10,4 µg/kg szkopolamin), a legnagyobb mennyiségben egy hajdinalisztben 83,9 µg/kg atropint és 10,4 µg/kg szkopolamint találtak [52]. Így a bioélelmiszerek potenciális élelmiszerbiztonsági kockázataik között a gyommagvakkal származó tropán alkaloid szennyeződést is meg kell említeni.

### 12. Összegzés

A gyommagvakkal származó tropán alkaloidokkal való szennyeződés bizonyos élelmiszer-csoportokban számottevő élelmiszerbiztonsági kockázatot jelent, ezért javasolható, hogy az érintett élelmiszer-nyersanyagokat, félkész és kész élelmiszereket a jelenlegi gyakorlathoz képest nagyobb mintaszámban lenne célszerű vizsgálni akár a hatósági, akár a szolgáltató laboratóriumokban.

### 13. Frissítés

2023 első három hónapjában három újabb, tropán alkaloidokhoz kötődő riasztás jelent meg a RASFF

rendszerben. Mindhárom terméket Németország jelentette, kettő holland, egy lengyel eredetű volt. Biotermesztésű hántolt kölesben (2023.0140) 29 µg/kg atropin és 23 µg/kg szkopolamin volt jelen, pattogatott kukoricában (2023.1822) 16,7 µg/kg atropin, 2,3 µg/kg szkopolamin és bio teff lisztben (2023.1823) 190,4 µg/kg atropin és 60,2 µg/kg szkopolamin volt jelen. Ez utóbbi termék Magyarországon is kereskedelmi forgalomba került, a termék szennyezettségéről a sajtóhírben NÉBIH felhívta a fogyasztók figyelmét és a terméket a forgalomból visszahívta [91].

#### Köszönetnyilvánítás

A szerző hálás köszönetét fejezi ki Dr. Hegedüs Gyulának és Roger Mantonnak, a Budapesti Gazdasági Egyetem Kereskedelmi, Vendéglátóipari és Idegenforgalmi Kar Gazdasági Szaknyelvek tanszék oktatóinak a kézirat angol nyelvre történő fordításában nyújtott értékes közreműködésükért.

#### 14. Irodalom

- [1] Lounasmaa M., and Tamminen T. (1993): The tropane alkaloids: Chemistry and Biology. In: The Alkaloids (Ed: G.A. Cordell), Academic Press, New York, Vol. **44** 1-114.
- [2] Griffin W.J., Lin G.D. (2000): Chemotaxonomy and geographical relationship of tropane alkaloid producing plants. *Phytochemistry* **53** 623-637. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(99\)00475-6](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(99)00475-6)
- [3] Koleva I.I., Van Beek T.A., Soffers A.E., Dusemund B., Rietjens I.M. (2011): Alkaloids in the human food chain--natural occurrence and possible adverse effects. *Molecular Nutrition and Food Research* **56** 30-52. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201100165>
- [4] <https://www.wikidata.org/wiki/Q413762> (Acquired: 12.07.2022)
- [5] Gryniewicz G., Gadzikowska M. (2008): Tropane alkaloids as medicinally useful natural products and their synthetic derivatives as new drugs. *Acta Pol Pharm – Drug Res* **60** 439-463. [http://if-pan.krakow.pl/pjp/pdf/2008/4\\_439.pdf](http://if-pan.krakow.pl/pjp/pdf/2008/4_439.pdf)
- [6] Passos D.I., Mironidou-Tzouveleki M. (2016): Hallucinogenic plants in the Mediterranean countries. In Victor R. Preedy eds. *Neuropathology of Drug Addictions and Substance Misuse, Volume 2: Stimulants, Club and Dissociative Drugs, Hallucinogens, Steroids, Inhalants and International Aspects*, Chapter 71, Elsevier, <https://doi.org/10.1016/C2013-0-14226-2> (Acquired: 18.07.2022)
- [7] <http://www.metmuseum.org/art/collection/search/367537> (Acquired: 10.07.2022)
- [8] Adamse P., van Egmond H.P., Noordam M.Y., Mulder P.P.J., de Nijs M. (2014): Tropane alkaloids in food: poisoning incidents. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods* **6** (1) 15-24. <https://doi.org/10.3920/QAS2013.0314>
- [9] Friedman M., Levin C.E. (1989): Composition of Jimson Weed (*Datura stramonium*) seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **37** 998-1005. <https://doi.org/10.1021/jf00088a040>
- [10] Miraldi E., Masti A., Ferri S., Comparini I.B. (2001): Distribution of hyoscyamine and scopolamine in *Datura stramonium*. *Fitoterapia* **72** 644-648. [https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(01\)00291-X](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(01)00291-X)
- [11] Mroczek T., Główniak K., Kowalska J. (2006): Solid-liquid extraction and cation-exchange solid-phase extraction using a mixed-mode polymeric sorbent of *Datura* and related alkaloids. *Journal of Chromatography A* **1107** 9-18. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2005.12.034>
- [12] Caligiani A., Palla G., Bonzanini F., Bianchi A., Bruni R. (2011): A validated GC-MS method for the detection of tropane alkaloids in buckwheat (*Fagopyron esculentum* L.) fruits, flours and commercial foods. *Food Chemistry* **127** 204-209. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.141>
- [13] Jakabová S., Vincze L., Farkas A., Kilár F., Boros B., Felinger A. (2012): Determination of tropane alkaloids atropine and scopolamine by liquid chromatography-mass spectrometry in plant organs of *Datura* species. *Journal of Chromatography A* **1232** 295-301. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2012.02.036>
- [14] Padula L.Z., Bandoni A.L., Rondina R.V.D., Coussio J.D. (1976): Quantitative-determination of total alkaloids and scopolamine in *Datura ferox* growing in Argentina. *Planta Medica* **29** 357-360. DOI: 10.1055/s-0028-1097676
- [15] Vitale A.A., Acher A., Pomilio A.B. (1995): Alkaloids of *Datura ferox* from Argentina. *Journal of Ethnopharmacology* **49** 81-89. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(95\)90035-7](https://doi.org/10.1016/0378-8741(95)90035-7)
- [16] Wilms J., Roder E., Kating H. (1977): Gas-Chromatographic determination of tropane alkaloids in organs of *Atropa Belladonna*. *Planta Medica* **31** 249-256.

- [17] Simola L.K., Nieminen S., Huhtikangas A., Ylinen M., Naaranlahti T., Lounasmaa M. (1988): Tropane alkaloids from *Atropa belladonna* 2. Interaction of origin, age, and environment in alkaloid production of callus-cultures. *Journal of Natural Products* **51** 234-242. <https://doi.org/10.1021/np50056a007>
- [18] Sporer F., Sauerwein M., Wink M. (1993): Diurnal and developmental variation of alkaloid accumulation in *Atropa belladonna*. *Acta Horticulturae* **331** 381-386. DOI: 10.17660/ActaHortic.1993.331.53
- [19] Ashtiania F., Sefidkonb F. (2011): Tropane alkaloids of *Atropa belladonna* L. and *Atropa acuminata* Royle ex Miens plants. *Journal of Medicinal Plants Research* **5** 6515-6522. DOI10.5897/JMPR11.482 [https://academicjournals.org/article/article1380720036\\_Ashiani%20and%20Sefidkon.pdf](https://academicjournals.org/article/article1380720036_Ashiani%20and%20Sefidkon.pdf) (Acquired: 06.08.2022)
- [20] Zarate R., Hermosin B., Cantos M., Troncoso A. (1997): Tropane alkaloid distribution in *Atropa baetica* plants. *Journal of Chemical Ecology* **23** 2059-2066. <https://doi.org/10.1023/B:JOEC.0000006489.76006.cb> (Acquired: 06.08.2022)
- [21] Berkov S. (2001): Size and alkaloid content of seeds in induced autotetraploids of *Datura innoxia*, *Datura stramonium* and *Hyoscyamus niger*. *Pharmaceutical Biology* **39** 329-331. <https://doi.org/10.1076/phbi.39.5.329.5896>
- [22] Brown J.H. (1990): Atropine, scopolamine and related antimuscarinic drugs. In: Pharmacological Basis of Therapeutics. Eds Goodman Gilman A, Rall TW, Nies AS and Taylor P, Pergamon Press, Oxford, 33-48.
- [23] Gadzikowska M., Gryniewicz G. (2002): Tropane alkaloids in pharmaceutical and phytochemical analysis. *Acta Poloniae Pharmaceutica* **59** (2) 149-160. [https://www.ptfarm.pl/pub/File/Acta\\_Poloniae/2002/2/149.pdf](https://www.ptfarm.pl/pub/File/Acta_Poloniae/2002/2/149.pdf) (Acquired: 06.08.2022)
- [24] Martindale (2011): The complete drug reference, online, Atropine, Pharmaceutical Press, London, Date of monographs revision: 05 December 2011. <http://www.medicinescomplete.com/mc/martindale/current/> (Acquired: 12.07.2022)
- [25] Beermann B., Hellström K., Rosén A. (1971): The gastrointestinal absorption of atropine in man. *Clinical Science* **40** 95-106. <https://doi.org/10.1042/cs0400095>
- [26] Spina S.P., Taddei A. (2007): Teenagers with jimson weed (*Datura stramonium*) poisoning. *Canadian Journal of Emergency Medicine* **9** 467-469. <https://doi.org/10.1017/S1481803500015530>
- [27] Kohnen-Johannsen K.L., Kayser O. (2019): Tropane alkaloids: Chemistry, pharmacology, biosynthesis and production. *Molecules* **24** (4), 796; <https://doi.org/10.3390/molecules24040796>
- [28] <http://www.drdiag.hu/kereso/diagnosztika.adatlap.php?id=84755> (Acquired: 07.08.2022)
- [29] <https://www.parentmcs.hu/?page=vegyul&id=8> (Acquired: 07.08.2022)
- [30] [https://commonchemistry.cas.org/detail?cas\\_rn=529-17-9](https://commonchemistry.cas.org/detail?cas_rn=529-17-9) (Acquired: 07.08.2022)
- [31] [https://commonchemistry.cas.org/detail?cas\\_rn=50-36-2](https://commonchemistry.cas.org/detail?cas_rn=50-36-2) (Acquired: 07.08.2022)
- [32] [https://commonchemistry.cas.org/detail?cas\\_rn=402856-42-2](https://commonchemistry.cas.org/detail?cas_rn=402856-42-2) (Acquired: 07.08.2022)
- [33] Nagy európai természetkalauz. Összeáll. és szerk. Roland Gerstmeier. 2. kiadás. Budapest: Officina Nova. 1993. ISBN 963 8185 40 6
- [34] Pollesche J. (2019): The use of morphine and scopolamine to induce twilight sleep. Embryo Project Encyclopedia (2019-05-02). ISSN: 1940-5030 <http://embryo.asu.edu/handle/10776/13101> (Acquired: 07.08.2022)
- [35] Beverly R. (1705): The history and present state of Virginia, in four parts (University of North Carolina). Book II. The natural product and conveniencies in its unimprov'd state, before the English went thither. p. 24. <http://docsouth.unc.edu/southlit/beverley/beverley.html> (Acquired: 07.08.2022)
- [36] Szejnberg A. (2021): Albert Ladenburg (1842-1911) – The distinguished German chemist and historian of chemistry of the second half of the XIX century (To the 110th anniversary of his death). *Substantia* **5** (2) 153-164. doi: 10.36253/Substantia-1231
- [37] <https://www.nlm.nih.gov/exhibition/pickyourpoison/exhibition-cocaine.html?slide=3> (Acquired: 07.08.2022)
- [38] <http://www.euvs.org/en/discover/man-behind-the-bottle/mariani> (Acquired: 07.08.2022)
- [39] [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vin\\_mariani\\_publicite156.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vin_mariani_publicite156.jpg) (Acquired: 07.08.2022)
- [40] <https://en.wikipedia.org/wiki/Coca-Cola> (Acquired: 07.08.2022)
- [41] <https://www.businessinsider.com/strategies-coca-cola-used-to-become-an-iconic-brand-2016-2#1-it-started-with-a-unique-market-tested-formula-1> (Acquired: 07.08.2022)

- [42] <https://www.encyclopedia.com/science/news-wires-white-papers-and-books/willstatter-richard-martin> (Acquired: 07.08.2022)
- [43] Raskin I., Ribnicky D.M., Komarnytsky S., Ilic N., Poulev A., Borisjuk N., Brinker A., Moreno D.A., Ripoll C., Yakoby N., O'Neal J.M., Cornwell T., Pastor I., Fridlender B. (2002): Plants and human health in the twenty-first century. *Trends Biotechnol* **20** (12) 522-31. [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(02\)02080-2](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(02)02080-2)
- [44] VII. Ph. Eur (2011): Council of Europe, European pharmacopoeia, 7th Ed. Council of Europe, Strasbourg, France. <http://online.edqm.eu/EN/entry.htm>
- [45] Lin C.C., Chen, J.C. (2002): Medicinal herb *Erycibe henri* Prain ('Ting Kung Teng') resulting in acute cholinergic syndrome. *J Toxicology – Clinical Toxicology* **40** 185-187. <https://doi.org/10.1081/CLT-120004409>
- [46] Beltman W., Van Riel A.J.H.P., Wijnands-Kleukers A.P.G., Vriesman M.F., Van den Hengel-Koot I.S., De Vries I., Meulenbelt, J. (1999): Smartshops – Smart shops: a survey of products, claimed effects and medical-toxicological relevance. RIVM report 348802 017 [in Dutch]. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven, the Netherlands, <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/348802017.html>
- [47] Abia W.A., Montgomery H., Nugent A.P., Elliott C.T. (2021): Tropane alkaloid contamination of agricultural commodities and food products in relation to consumer health: Learnings from the 2019 Uganda food aid outbreak. *Compr Rev Food Sci Food Saf* **20** 501-525. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12664>
- [48] González-Gómez L., Morante-Zarcelero S., Pérez-Quintanilla D., Sierra I (2022): Occurrence and chemistry of tropane alkaloids in foods, with a focus on sample analysis methods: A Review on Recent Trends and Technological Advances. *Foods* **11** 407. <https://doi.org/10.3390/foods11030407>
- [49] Mulder P.P.J., Pereboom-de Fauw D.P.K.H., Hoogenboom R.L.A.P., de Stoppelaar J., de Nijs M. (2015): Tropane and ergot alkaloids in grain-based products for infants és young children in the Netherlands in 2011–2014. *Food Addit Contam Part B Surveill* **8** 284-290. <https://doi.org/10.1080/19393210.2015.1089947>
- [50] Mulder P.P.J., De Nijs M., Castellari M., Hortos M., MacDonald S., Crews C., Hajslova J. Stranska M. (2016): Occurrence of tropane alkaloids in food. EFSA supporting publication, 2016:EN-1140, 200. o., <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2016.EN-1140>
- [51] Marín-Sáez J., Romero-González R., Garrido Frenich A. (2017): Multi-analysis determination of tropane alkaloids in cereals and *Solanaceae* seeds by liquid chromatography coupled to single stage Exactive-Orbitrap. *J Chromatogr. A* **1518** 46-58. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2017.08.052>
- [52] Cirlini M., Demuth T.M., Biancardi A., Rychlik M., Dall'Asta C., Bruni R. (2018): Are tropane alkaloids present in organic foods? Detection of scopolamine and atropine in organic buckwheat (*Fagopyron esculentum* L.) products by UHPLC–MS/MS. *Food Chem* **239** 141-147. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.028>
- [53] Marín-Sáez, J.; Romero-González, R.; Garrido Frenich, A. (2019): Reliable determination of tropane alkaloids in cereal based baby foods coupling on-line spe to mass spectrometry avoiding chromatographic step. *Food Chem* **275** 746-753. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.137>
- [54] Baslé Q., Mujahid C., Bessaire T. (2020): Application of a streamlined LC-MS/MS methodology for the determination of atropine and scopolamine in cereals from Asian and African countries. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Contro. Expo Risk Assess* **37** 1744-1754. <https://doi.org/10.1080/19440049.2020.1800828>
- [55] González-Gómez L., Gañán J., Morante-Zarcelero S., Pérez-Quintanilla D., Sierra I. (2020): Sulfonic acid-functionalized SBA-15 as strong cation-exchange sorbent for solid-phase extraction of atropine and scopolamine in gluten-free grains and flours. *Foods* **9** (12) 1854. <https://doi.org/10.3390/foods9121854>
- [56] Shimshoni J.A., Duebecke A., Mulder P.P.J., Cuneah O., Barel S. (2015): Pyrrolizidine and tropane alkaloids in teas and the herbal teas peppermint, rooibos and chamomile in the Israeli market. *Food Addit Contam Part A Chem Ana. Control Expo Risk Assess* **32** 2058-2067. <https://doi.org/10.1080/19440049.2015.1087651>
- [57] González-Gómez L., Gañán J., Morante-Zarcelero S., Pérez-Quintanilla D., Sierra I. (2022): Mesostructured silicas as cation-exchange sorbents in packed or dispersive solid phase extraction for the determination of tropane alkaloids in culinary aromatics herbs by HPLC-MS/MS. *Toxins* **14** 218. <https://doi.org/10.3390/toxins14030218>

- [58] Adamse P., van Egmond H.P. (2010): Tropane alkaloids in food. RIKILT - Institute of Food Safety, Wageningen University & Research centre, <https://edepot.wur.nl/160741>
- [59] Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Tropane alkaloids (from *Datura sp.*) as undesirable substances in animal feed. (2008) *The EFSA Journal* **691** 1-55. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2008.691>
- [60] European Commission (EC), 2002. Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council of 7 May 2002 on undesirable substances in animal feed. *Official Journal of the European Union* **L 140** 10. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32002L0032&from=EN> (Acquired: 07.08.2022)
- [61] Bania T.C., Chu J., Bailes D., O'Neill M. (2004): Jimson weed extract as a protective agent in severe organophosphate toxicity. *Acad Emerg Med* **11** (4) 335-338. <https://doi.org/10.1197/j.aem.2003.12.002>
- [62] Kerchner A., Farkas Á. (2020): Worldwide poisoning potential of *Brugmansia* and *Datura*. *Forensic Toxicology* **38** 30-41. <https://doi.org/10.1007/s11419-019-00500-2>
- [63] List G.R., Spencer G.F. (1976): Fate of Jimson weed seed alkaloids in soybean processing. *Journal of the American Oil Chemists' Society* **53** 535-536. doi: 10.1007/BF02586254
- [64] Perharič L., Koželj G., Družina B., Stanovnik L. (2013): Risk assessment of buckwheat flour contaminated by thorn-apple (*Datura stramonium* L.) alkaloids: a case study from Slovenia. *Food Additives and Contaminants, Part A* **30** 321-330. <https://doi.org/10.1080/19440049.2012.743189>
- [65] Marín-Sáez J., Romero-González, R., Garrido Frenich, A. (2019): Degradation of tropane alkaloids in baked bread samples contaminated with *Solanaceae* seeds. *Food Research International* **122** 585-592. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.027>
- [66] Marín-Sáez J., Romero-González R., Garrido Frenich A. (2019): Effect of tea making and boiling processes on the degradation of tropane alkaloids in tea and pasta samples contaminated with *Solanaceae* seeds and coca leaf. *Food Chemistry* **287** 265-272. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.091>
- [67] Vera-Baquero F.L., Morante-Zarzero S., Sierra I. (2022): Evaluation of thermal degradation of tropane and opium alkaloids in gluten-free corn breadsticks samples contaminated with *Stramonium* Seeds and baked with poppy seeds under different conditions. *Foods* **11** 2196. <https://doi.org/10.3390/foods11152196>
- [68] Az Európai Parlament és a Tanács 178/2002/EK RENDELETE (2002. január 28.) az élelmiszerjog általános elveiről és követelményeiről, az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság létrehozásáról és az élelmiszerbiztonságra vonatkozó eljárások megállapításáról. *Az Európai Unió Hivatalos Lapja* **L31/1** 463-486. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002R0178&from=HU> (Acquired: 20.04.2022)
- [69] EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain), 2013. Scientific Opinion on Tropane alkaloids in food and feed. *EFSA Journal* **11** (10) 3386. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3386>
- [70] A Bizottság (EU) 2016/239 rendelete (2016. február 19.) az 1881/2006/EK rendeletnek a bizonyos, csecsemők és kisgyermek számára készült gabona-alapú élelmiszerekben előforduló tropánalkaloidok felső határértékeinek tekintetében történő módosításáról. *Az Európai Unió Hivatalos Lapja* **L45** 3-5. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0239&from=EN> (Acquired: 08.04.2022)
- [71] A Bizottság 1881/2006/EK rendelete (2006. december 19.) az élelmiszerekben előforduló egyes szennyező anyagok felső határértékeinek meghatározásáról. *Az Európai Unió Hivatalos Lapja* **L364** 5-24. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1881-20170728&from=PL> (Acquired: 12.05.2022)
- [72] A Bizottság (EU) 2015/976 ajánlása (2015. június 19.) a tropán alkaloidok élelmiszerekben való előfordulásának nyomon követéséről. *Az Európai Unió Hivatalos Lapja* **L157** 97-98. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015H0976&from=HU> (Acquired: 04.05.2022)
- [73] EFSA (European Food Safety Authority), Arcella D., Altieri A., Horváth Zs. (2018): Scientific report on human acute exposure assessment to tropane alkaloids. *EFSA Journal* **16** (2) 5160. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5160>
- [74] A Bizottság (EU) 2021/1408 rendelete (2021. augusztus 27.) az 1881/2006/EK rendeletnek az egyes élelmiszerekben előforduló tropánalkaloidok felső határértékei tekintetében történő módosításáról. *Az Európai Unió Hivatalos Lapja* **L 304/1** <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:32021R1408&from=EN> (Acquired: 12.04.2022)

- [75] Az Európai Parlament és a Tanács 2002/46/EK irányelve (2002. június 10.) az étrend-kiegészítőkre vonatkozó tagállami jogszabályok közelítéséről. *Az Európai Unió Hivatalos Lapja* **L183/51** <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0046&from=EN> (Acquired: 23.10.2020)
- [76] 37/2004. (IV. 26.) ESzCsM rendelet az étrend-kiegészítőkről. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0400037.esc> (Acquired: 12.04.2022)
- [77] [https://ogyei.gov.hu/etrend\\_kiegeszitokban\\_felhasznalásra\\_nem\\_javasolt\\_gyogynovenyek\\_es\\_ertekelesuk](https://ogyei.gov.hu/etrend_kiegeszitokban_felhasznalásra_nem_javasolt_gyogynovenyek_es_ertekelesuk) (Acquired: 29.06.2022)
- [78] Harsh M.L. (1989): Tropane alkaloids from *Lycium barbarum* Linn. in vivo and in vitro. *Current Science* **58** 817-818. Corpus ID: 88551086
- [79] Drost-Karbowska K., Hajdrych-Szauffer M., Kowalewski Z. (1984): Search for alkaloid-type basis in *Lycium halimifolium*. *Acta Poloniae Pharmaceutica* **41** 127-129.
- [80] Adams M., Wiedenmann M., Tittel G., Bauer R. (2006): HPLC-MS trace analysis of atropine in *Lycium barbarum* berries. *Phytochemical Analysis* **17** 279-283. <https://doi.org/10.1002/pca.915>
- [81] Potterat O. (2010): Goji (*Lycium barbarum* and *L. chinense*): Phytochemistry, pharmacology and safety in the perspective of traditional uses and recent popularity. *Planta Medica* **76** 7-19. DOI: 10.1055/s-0029-1186218
- [82] <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/search> (Acquired: 07.08.2022)
- [83] [https://portal.nebih.gov.hu/kihelyezett-tanszek-kijelzo/-/asset\\_publisher/IDJzr2QmIly/content/extrudalt-kolesgolyo-termekeket-vont-ki-a-forgalombol-a-nebih](https://portal.nebih.gov.hu/kihelyezett-tanszek-kijelzo/-/asset_publisher/IDJzr2QmIly/content/extrudalt-kolesgolyo-termekeket-vont-ki-a-forgalombol-a-nebih) [https://www.mueller.co.hu/as-sets/download/19/2020\\_termekvisszahivas\\_Hafervoll-37919.pdf](https://www.mueller.co.hu/as-sets/download/19/2020_termekvisszahivas_Hafervoll-37919.pdf) (Acquired: 12.07.2022)
- [84] [https://www.csaladinet.hu/hirek/szabadido/hirek\\_erdekessegek/31281/nebih\\_figyelmeztetes\\_mergezo\\_gyomnoveny\\_kerulhetett\\_a\\_fagyasztott\\_zoldbabba](https://www.csaladinet.hu/hirek/szabadido/hirek_erdekessegek/31281/nebih_figyelmeztetes_mergezo_gyomnoveny_kerulhetett_a_fagyasztott_zoldbabba) (Acquired: 12.07.2022)
- [85] <https://portal.nebih.gov.hu/termekvisszahivas> (Acquired: 12.06.2022)
- [86] <https://vendeglatasmagazin.hu/ismet-sulyos-mergezest-okozott-fertozott-fuszerkomeny/> (Acquired: 28.06.2022)
- [87] [https://index.hu/belfold/2018/04/26/mergezest\\_kapott\\_a\\_gulyastol\\_egy\\_csoport\\_turista/](https://index.hu/belfold/2018/04/26/mergezest_kapott_a_gulyastol_egy_csoport_turista/) (Acquired: 09.05.2020)
- [88] <https://portal.nebih.gov.hu/-/ismet-szenyezett-fuszerkomeny-visszahivasat-rendelte-el-a-hatosag> (Acquired: 09.05.2020)
- [89] <https://portal.nebih.gov.hu/-/ujabb-csattano-maszlaggal-szenyezett-fuszerkomeny-teteleket-azonositott-a-nebih-laboratoriuma> (Acquired: 09.05.2020)
- [90] [https://wesslingtudaskozpont.hu/resources/hungalimentaria/archiv/2019/eloadasok/Sus%C3%A1n%20Judit%20-%202019Tox\\_hungalimentaria.pdf](https://wesslingtudaskozpont.hu/resources/hungalimentaria/archiv/2019/eloadasok/Sus%C3%A1n%20Judit%20-%202019Tox_hungalimentaria.pdf) (Acquired: 06.08.2022)
- [91] <https://glutenerzékeny.hu/termekvisszahivas-teff-liszt-2023-03-18/> (Acquired: 21.03.2023)