

Lítium szermaradvány vizsgálata méhészeti termékekben

Investigation of Lithium Residues in Bee Products

Kolics Éva¹, Sajtos Zsófi², Mátyás Kinga¹, Szepesi Kinga³, Solti Izabella^{1,*}, Németh Gyöngyi¹, Taller János¹, Baranyai Edina², Specziár András⁴ és Kolics Balázs¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, Festetics Bioinnovációs Csoport

²Debreceni Egyetem, Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Festetics Doktori Iskola

⁴Baltoni Limnológiai Kutatóintézet, Eötvös Lóránd Kutatási Hálózat

*Levelezőszerző: izabella.solti@gmail.com

Összefoglalás: A méhcsaládokra a legnagyobb veszélyt a nagy ázsiai méhatka (*Varroa destructor*) által okozott varroózis jelenti. A varroózis kezelésére jelenleg rendelkezésre álló hatóanyagok rezisztencia és szermaradvány problémákat okozhatnak, hatékonyságuk sem kielégítő minden esetben. A lítium sók, mint atka elleni potenciális hatóanyagok alternatívaként merültek fel 2018-ban. Azonban kevésbé ismert, hogy a lítiumos kezelések milyen mennyiségű szermaradványt hagyhatnak a méhészeti termékekben. A méheket a korábbi vizsgálatokban használt 25 mM lítiumos cukorsziruppal etettük, majd vizsgáltuk a lítium felhalmozódását és kiürülését 22 napon keresztül a méhekben és a méhészeti termékekben. A lítium koncentrációja a méhek teljes szervezetében a kezelést követő 4. napig emelkedett, majd visszaállt a kontroll szintre. A lítium-expozíció csak rövidtávon (<16 nap) volt hatással a fedetlen mézre, míg a fedett (érett) mézben a kísérlet végén is 22,5mg/kg szinten még kimutatható volt. A méhviasz a kísérlet teljes időtartama alatt lítium mentes maradt, ami az engedéllyel rendelkező szintetikus akaricidekkel összevetve előnyösnek mondható. Mindazonáltal, bár ígéretes hatóanyagoknak tűnik a lítium, jövőbeni állatorvosi alkalmazásához további kutatásokra van szükség a méz szermaradvány tartalmát illetően.

Kulcsszavak: lítium-klorid; méhviasz; méz; szermaradvány; *Apis mellifera*; *Varroa destructor*

Abstract: The biggest threat to beekeeping is varroosis caused by the mite *Varroa destructor*. Chemicals available to treat this fatal disease may present problems of resistance or inconsistent efficacy. Recently, lithium chloride has appeared as a potential alternative. To date, the amount of residue lithium treatments may leave in honeybee products is poorly understood. Honeybees were fed with 25 mM lithiated sugar syrup, which was used in earlier studies. The accumulation and elimination of the lithium were monitored in bees and their products for 22 days. Lithium concentration increased in the entire body of the bees to day 4 post-treatment and then recovered rapidly to the control level. Lithium exposure was found to affect uncapped honey in the short term (<16 days), but ripe (capped) honey measured at the end of the trial remained affected. On the other hand, lithium treatment left beeswax lithium-free. Based on these data, we propose that comprehensive research on harvested honey is needed to decide on the veterinary use of lithium.

Keywords: lithium chloride; beeswax; honey; chemical residues; *Apis mellifera*; *Varroa destructor*

1. Bevezetés

A méhészeti termékeket élelmiszerként hasznosítjuk, és az emberi tápláléklánc hozzáadott értékű termékei. A méz, a méhviasz és a méhkenyér azonban a *Varroa* elleni kezelés következtében peszticid szennyezésnek lehet kitéve.

A mézelő méhek (*Apis mellifera*) által végzett beporzás túlnyomó többségét méhészetekben tartott méhcsaládok végzik (Genersch, 2010). A mézelő méhekre világszerte a legnagyobb veszélyt a varroózis jelenti, amely elsősorban a *Varroa destructor* ektoparazita által okozott közvetlen kártételt jelenti, ám benne foglaltatik az általa terjesztett méhvírusok okozta megbetegedés is. Ha a varroóvizist nem kezelik, az atkák egy méhcsaládot egy-két éven belül elpusztíthatnak (Spivak és Reuter, 2005; Barlow és Fell, 2006). A nagy méhsűrűségű területeken ez azonban akár egy méhészeti szezonon belül is bekövetkezhet. A jelenleg a gyakorlatban alkalmazott, szintetikus szereken alapuló védekezés megfelelő lehet, de csak néhány hatóanyagra korlátozódik, mint például az amitráz, a kumafosz, a flumetrin és a fluvalinát, amelyek készítményei azonban bizonyítottan a rezisztencia kialakulásának kockázatához vezetnek (Mozer-Koch és mtsai, 2000; Spreafico és mtsai, 2001). Ennek eredményeképpen ezek a szerek korlátozott lehetőséget kínálnak az atkák felszámolására a belátható jövőben. A nem szintetikus hatóanyagokat illetően, az egyik leggyakrabban használt varroicid, az oxálsav kivételével (Coffey és Breen, 2016; Al Toufalia és Francis, 2018), az illóolajok vagy szerves savak nem következetesek minden esetben a hatékonyságukat illetően (Rosenkranz és mtsai, 2010). A varroózis kezelésének újszerű megközelítései (RNSi) mellett a lítium sók is hatásosnak bizonyultak a *V. destructor*-ral szemben, *in vitro* (Ziegelmann és mtsai, 2018). Vizsgálták a lítiumnak a méhpempőn keresztül az méhegyedre gyakorolt hatását, ám ezek továbbra is *in vitro* élettani vizsgálatokra korlátozódnak (Hurst és mtsai, 2014; Whitehead, 1978; Ayestaran és mtsai, 2010).

Más gerinctelenek (pl. tengeri sünök, tengeri polifág férgek) esetében az embriófejlődés zavarai merültek fel a lítiumvegyületekkel történő érintkezés következtében (Léonard és mtsai, 1995). Ezzel szemben a *Drosophila* kifejlett egyedeinél a lítium élettartamra gyakorolt kedvező hatásairól számoltak be (Castillo-Quan és mtsai, 2019). Ziegelmann és mtsai, (2018) illetve Prešern és mtsai, (2020) azonban a lítium-cukorszirup adagolása során mind a felnőtt méhek, mind a fiasítás esetében az élettartamra gyakorolt negatív következményeket figyeltek meg. Ezen kísérletek is főként méhegyed szintű, *in vitro* vizsgálatokra korlátozódtak, azonban érdemes figyelembe venni, hogy a méhek természetes állapotukban, méhcsaládként eltérően reagálhatnak különböző vegyületekre, képesek akár aktív módon eltávolítani kaptárídegen anyagokat (Ayestaran és mtsai, 2010). Mindemellett a méhészeti gyakorlatban a *Varroa* elleni hatóanyagot tartalmazó cukorszirup etetése nem jellemző módja a *Varroa* atka elleni kezelésének (Kolics és mtsai, 2021).

A lítium-klorid (PubChem CID: 433294) hatékony, kereskedelmi forgalomban kapható és viszonylag olcsó alternatívát jelenthet, ezért felhasználása valószínűsíthető nem szabályozott állatgyógyászati készítményként (Kolics és mtsai, 2021; Stanimirovic és mtsai, 2019; Ziegelmann és mtsai, 2019; Kolics és mtsai, 2020). Annak ellenére, hogy rövid távon alkalmas lehet a varroózis kezelésére, csak néhány tanulmány foglalkozik a lítiumos kezelés mézre és más méhészeti termékekre gyakorolt hatásaival (Prešern és mtsai, 2020; Kolics és mtsai, 2019). Mivel azonban a méz és a méhviasz világszerte a legkeresettebb és legjelentősebb méhészeti termékek, a lítium hatásait széleskörűen tanulmányozni szükséges, annak érdekében, hogy biztonságos, törzskönyvezett állatgyógyászati terméké válhasson. Célunk az volt, hogy

megértjük a lítium-klorid etetéssel végzett Varroa elleni kezelés következményeit, figyelemmel kísérve a lítiumszint változását a méhekben és a legfontosabb termékeikben.

2. Anyagok és módszerek

2.1. A méhcsaládok kiválasztása, kísérlet beállítása és mintavételezés

A kísérletet 2018. október elején állítottuk be Magyarországon (Keszthely, 46_45055.6" N, 17_14052.6" E), az év olyan időszakában, amikor a nektárhordás kizárható. Krajnai (A. m. carnica) fajtájú méhcsaládot négy kaptárba (helyi típus) osztottunk szét. A méhcsaládokat ugyanazon a napon (-6. nap), a röpkörzetükből elszállítottuk, és öt napig pincéztük őket. A donorcsaládból származó egy keret kivételével minden kaptárba mülépre raktuk a méheket (-3. nap). Miután meggyőződünk arról, hogy a méhcsaládok meganyásítása sikeres volt, a -1. nap estéjén a szabadba kihelyeztük őket. A kaptárakat egymástól legalább 3 méter távolságra helyeztük el, tájékozási pontokkal, hogy megakadályozzuk az eltávolást (1. ábra).

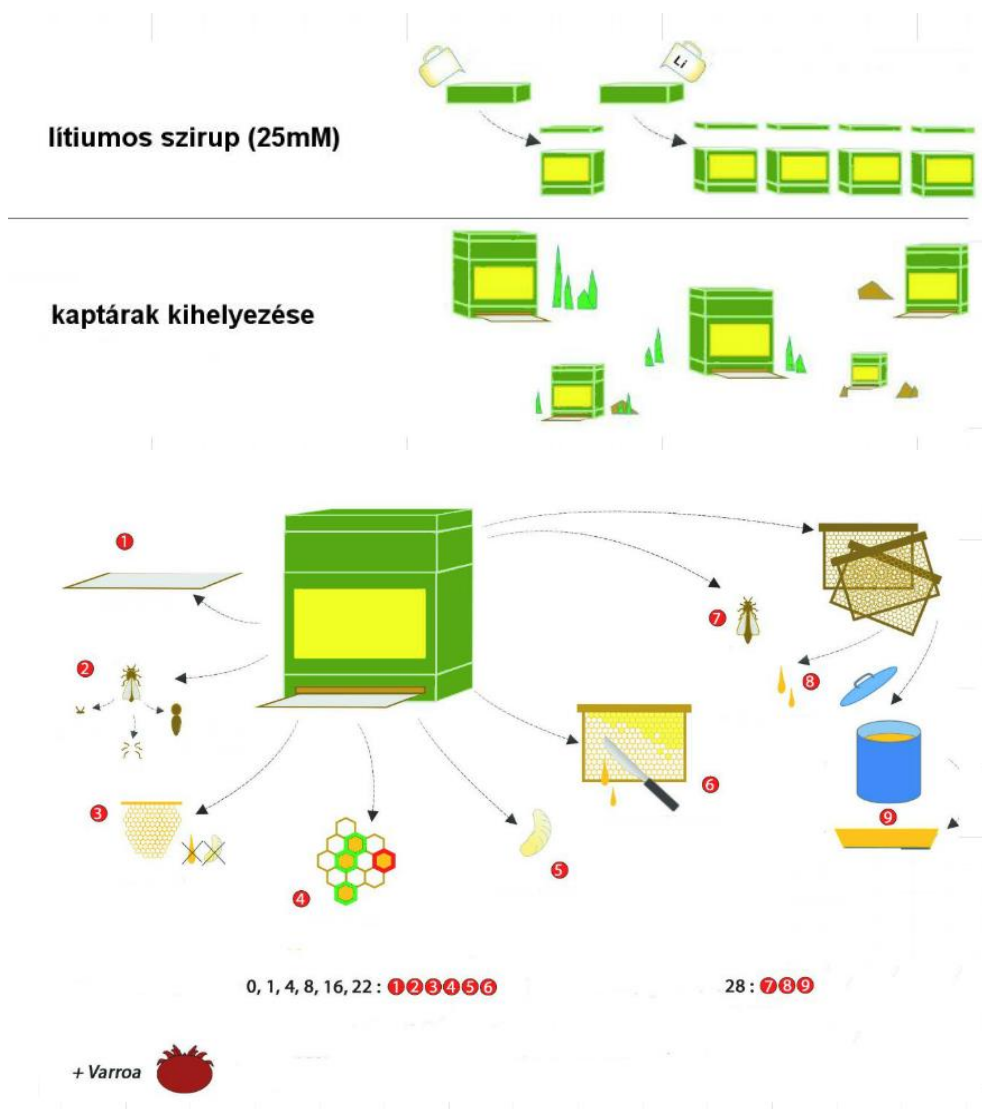
A mintavételt a nulladik napon kezdtük meg. A kezelés előtt a méhekből és termékeikből mintát vettünk, hogy megállapítsuk a négy kaptárban a lítium koncentrációját, ami a továbbiakban kontrollként szolgált. Minden kaptárból eltávolítottuk a donorcsaládból származó keretet, amely onnan származó, korábban beraktározott mézet és méhkenyeret tartalmazhatott. A méhcsaládokat ezt követően egy liter 1:1 arányú, 25 mM lítium-kloridot (141 mg /kg Li+) tartalmazó cukorsziruppal etettük (Ziegelmann és mtsai, 2018).

A mintavétel az alábbi módon történt, a keresztszennyeződés elkerülése érdekében. Először kaptártörmelékét gyűjtöttük be, a higiénikus aljdeszkát letisztítva. A kaptárból kifejtett méheket gyűjtöttünk (25, különböző életkorú dolgozót minden egyes kaptárból, minden mintavételi alkalommal), hogy kevert, ún. pool-ozott mintát készítsünk. Annak érdekében, hogy a kaptárból a lítiumos kezelés alatt elválasztott méhviaszból mintát tudjunk venni, a méheket zugépítmény (kb. 10 x10 cm méretű) építésére készítettük. Megjelöltük azokat a sejteket, amelyekből a méhkenyeret gyűjtöttük (2 grammot minden kaptárból), hogy megakadályozzuk az újbóli mintavételüket (kivéve a donorcsaládból származó, kezelés előtti kontrollt). A mintavételi alkalmak során a méhcsaládoktól 30 ml mézet gyűjtöttünk. A mintavételt a 0. napon (kezelés előtti kontroll) kezdtük, majd a (kezelés utáni) 1., 4., 8., 16. és 22. napon történt további mintavétel. A mintavétel a kaptártörmelékéből (n = 24), méhekből (n = 24), amelyeket később három testrésze (fej, tor és potroh, valamint lábak) osztottunk, zugépítményből (n = 19), méhkenyérből (n = 24) és fedetlen (éretlen) mézből (n = 24) történt.

Összesen 139 különböző mintát gyűjtöttünk. A mintavételi folyamat áttekintése az 1. ábrán látható.

2.2. A minta előkészítése

A mintákat -5°C-on tároltuk műanyag csövekben a minta feldolgozása előtt. A méhek fejét külön kezeltük, mivel a garatmirigyek választják ki a lárvák táplálékát jelentő méhpempőt. A lábak lítiumtartalmát szintén külön mértük. A méheket három fő részre osztottuk, kb. 75-75 mg tömegű fejre és a lábakra, valamint kb. 500 mg torra a potrohhal minden egyes mintavételt illetően. A testrészeket, a méz és a méhviasz (egyenként 0,5 g), valamint a méhkenyér és a kaptártörmelék (egyenként 0,1 g) tömegét analitikai mérlegen (ES 225SM-DR, Precisa, Dietikon, ZH, USA) kimértük 50 ml-es üvegpoharakba. A mintákat elektromos szárítószekrényben 50 °C-on állandó tömegűre szárítottuk.



1. ábra: A kísérlet beállítás és a mintavétel folyamata

A szárított minták nedves feltárása 4,0 ml 65%-os (m/m) HNO₃ (reagens minőségű, Scharlau, Németország) és 1,0 ml 30%-os (m/m) H₂O₂ (reagens minőségű, Merck, Kenilworth, NJ, USA) keverékével történt ugyanabban az edényben annak érdekében, hogy elkerüljük az üvegedények cseréjéből származó keresztszennyeződést. A feltárt mintákat térfogat-kalibrált műanyag centrifugacsövekbe tettük át, és 10 ml térfogatra hígítottuk ultratiszta vízzel (Synergy UV, Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA). Az elkészült oldatokat a további analízis előtt szobahőmérsékleten tároltuk. Minden felhasznált üvegedényt 24 órán át 1:5 HNO₃:H₂O oldatba merítve fertőtlenítettünk, majd használat előtt ioncserélt vízzel öblítettük át.

2.3. Analitikai mérések

A különböző minták lítiumtartalmának mennyiségi elemzését mikrohullámú plazma atomemissziós spektrometriával (MP-AES 4200, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) végeztük. A plazmagázt a mérés során folyamatosan nitrogéngenerátor (4107, Agilent Technologies) szolgáltatta. A mintaoldat mellett a standardok felvitele is automatikus mintavevővel (SPS, Agilent Technologies) történt, a két oldat között 30 másodperces öblítéssel, 0,1 M HNO₃-mal, amelyet ultratiszta vízzel készítettünk. Az ötpontos kalibrációs sorozat elkészítéséhez 1000 mg/l lítium standard törzsoldatot (Scharlau, Németország) használtunk. A

kimutatási határértéket (LOD) 0,3246 µg/kg-ben határoztuk meg az alkalmazott 610,365 nm-es hullámhosszon.

A következő képlettel számítottuk ki a LOD értéket: $LOD = (3xs)/S$, ahol „s” a 15 vak minta standard eltérése, és „S” a specificitás (a kalibrációs görbe meredeksége). Az elemanalízis eredményeit száraz tömegre vonatkoztatva adtuk meg.

2.4. Statisztikai elemzés

A LiCl-kezelés hatásának elemzésére a méhegyedek Li-koncentrációjára (a fej; a tor és potroh; valamint a láb külön-külön került elemzésre), a mézre, a méhkenyérre, a méhviaszra és a kaptár törmelékére (válaszváltozók) lineáris vegyes modelleket (LMM) használtunk, Statistica 8.0 (<http://www.statsoft.hu>) szoftverrel (hozzáférés: 2021. május 19.). Az elemzés előtt a Li-koncentráció adatok 10-es alapú logaritmusát vettük a normalitás javítása érdekében. A LMM-ek rögzített tényezőként tartalmazták a mintavételi időt, amely az előkezelést (kontroll, a 0. napon) és a kezelés utáni méréseket képviseli (1., 4., 8., 16. és 22. nap). Az ismételt mérések figyelembevételének érdekében a kaptárt véletlenszerű tényezőként vettük figyelembe. Az átlagok közötti különbségeket Tukey HSD post hoc tesztekkel azonosítottuk, ha a modell fix hatása szignifikáns volt.

3. Eredmények és megvitatásuk

3.1. Az adult méhegyedekben a lítiumszint visszaáll a normál értékre

A korábbi vizsgálatokban (Ziegelmann és mtsai, 2018; Prešern és mtsai, 2020; Kolics és mtsai, 2019) alkalmazott koncentrációjú (25 mM) lítiumszirup etetése a méhegyedekben (tor és portoh) 130,13 mg/kg (a kaptárak átlaga) átlagos lítiumcsúcsot eredményezett, az abszolút maximum érték 167,71 mg/kg volt az 1-es kaptárban, a 4. napon. A lítiumkoncentráció a kezelés utáni 4. naptól kezdve a méhek minden testrészében csökkent (2. ábra). Ez összhangban lehet Prešern és munkatársai eredményeivel, akik kimutatták, hogy a fiasításban a lítiumszint a kezelést követő 3. napon kezdett csökkenni (Prešern és mtsai, 2020). A kezelést követő 22. napra a lítiumszint teljesen visszaállt a kezelés előtti kontrollszintre (átlagosan 0,15 mg/kg; 2. ábra). A jelen vizsgálat adatai azt mutatják, hogy a kifejlett méhek a lítiumot a család szintjén képesek kiüríteni.

A méhek egész testében, még a lábokban is találtunk szermaradványokat, melyekbe a lítium a hemolimfán keresztül kerülhetett. Ezért a méhek testének minden része alkalmas lehet a méhcsaládon belüli lítiumszint változásának becslésére. Feltételezésünk szerint a méhekben és a fiasításban mért Li-koncentrációcsúcs segíthet a kezelés hatékonyságának időbeli előrejelzésében a jövőbeni kutatások során.

A méhanyákból csak azok elpusztításával lehetséges megfelelő mennyiségű mintát venni. Ezért az anyákat csak a kísérlet befejezésekor (28. nap) vizsgáltuk. Az egyedekben nem volt kimutatható lítiumszint, továbbá a kísérlet időtartama alatt nem észleltük, hogy a dolgozók az anyát le akarták volna váltani. Mindezekből arra a következtetésre jutottunk, hogy a lítiumnak rövid távon nincs káros hatása az anyára.

A kaptártörmelék általában viaszdarabokat tartalmaz, illetve változó összetételben tartalmazhat méhdarabokat, méznyomokat vagy virágport. Ennek ellenére nem mutatott változást a LiCl-kezelés hatására (2. ábra). Bár a kaptár felnyitása nélkül könnyen hozzáférhető, a törmelék nem tűnik alkalmasnak a kaptár lítiumszintjének becslésére.

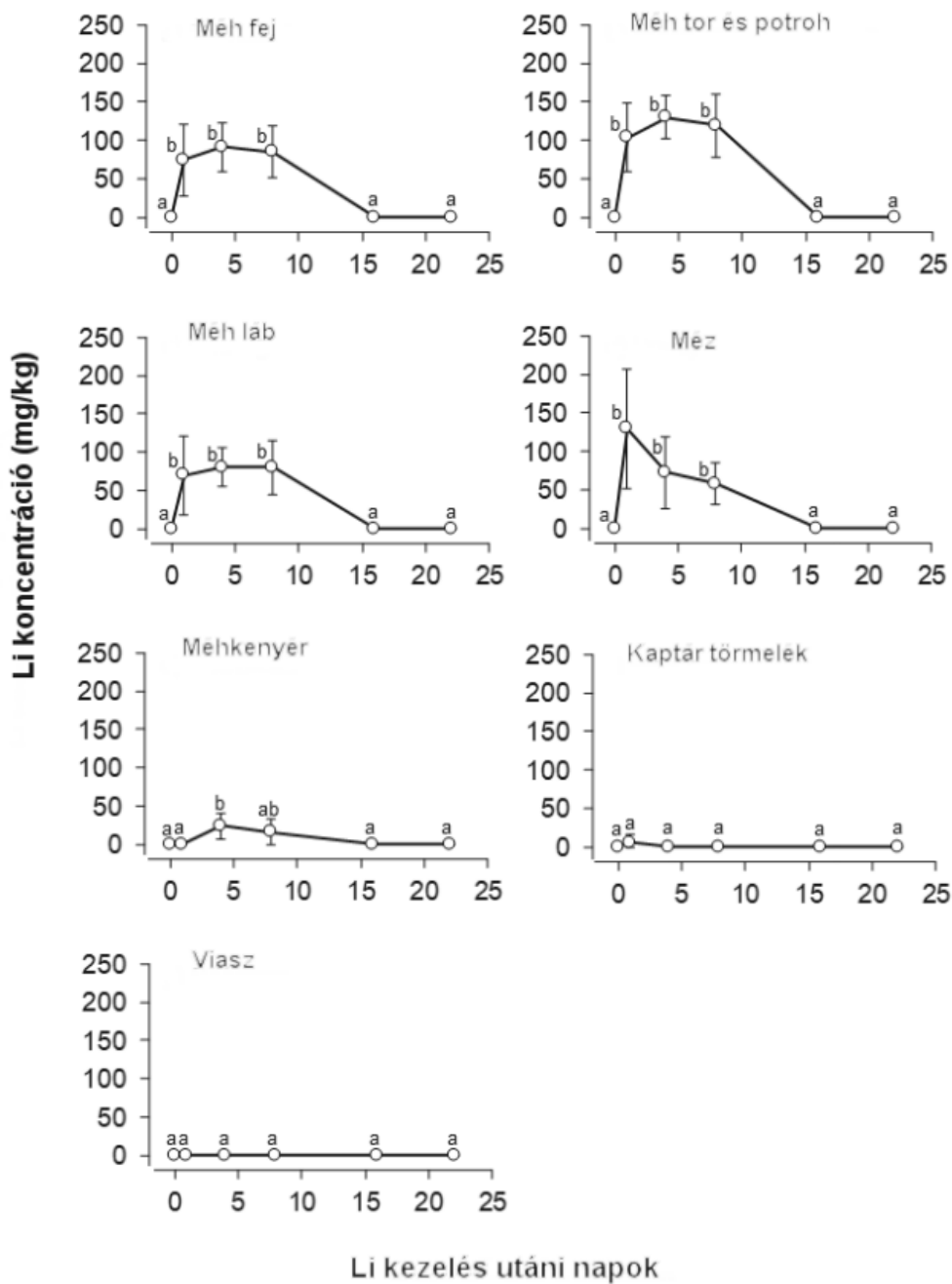
3.2. A méhkenyér a legkevésbé érintett a méhészeti termékek közül

A méhészeti termékek közül a tárolt, erjesztett virágpó (az úgynevezett méhkenyér) bizonyult a legkevésbé lítiumszennyezettnek (2. ábra).

A méhkenyér emberi fogyasztásra jótékony táplálkozási és terápiás tulajdonságai miatt kereskedelmi forgalomban önállóan is elérhető, bár gyűjtése, mint méhészeti termék időigényes és korlátozott (Khalifa és mtsai, 2020). A többi vizsgált mintához hasonlóan a 4. napon mutatta a legmagasabb értéket, a lítiumszint 28,11 mg/kg volt (2. ábra). Prešern és munkatársai hasonló értéket (30,75 mg kg⁻¹) mérték a kezelés utáni 4. napon négy kaptárt reprezentálva, egyetlen időpontban történő mérést követően (Prešern és mtsai, 2020).

A méhkenyér a méhek elsődleges fehérjeforrása, különösen a lárvák és a kifejlett egyedek táplálására. A magas koncentrációjú lítium kitétség kedvezőtlenül befolyásolhatja a lárvák fejlődését (Prešern és mtsai, 2020). Továbbá a lítiummal kezelt méhcsaládokban megnövekedett mortalitást figyeltek meg. Mindazonáltal csökkent lítiumszintet mértek az 5 napos lárvákban három nappal a lítium csúcspontja után (a kezelést követő 7. napon) (Prešern, 2020). A lítiumkezelés hatással lehet a fiasításra vagy a méhcsaládok szaporodására.

Adataink alátámasztják a LiCl gyors csökkenését a méhkenyérben a kezelés okozta csúcs után (2. ábra). A felnőtt méhekben és a lárvák táplálékában lévő lítiumkoncentráció helyreállása arra enged következtetni, hogy a fiasítás kevésbé van kitéve az méhkenyér általi közvetlen expozíciónak. Azt gondoljuk, hogy a lítium esetleges káros hatásait ellensúlyozni vagy minimalizálni lehet azzal, ha csak a természetes vagy mesterségesen előidézett fiasításmentes vagy fiasításszegény időszakokban alkalmazzuk. Fontos hangsúlyozni azonban, hogy a LiCl állatgyógyászati felhasználása még nem engedélyezett. További kutatásokra van szükség ahhoz, hogy különleges esetekre szorítva, például az anyanevelésben egy esetleges álcázási várakozási idő meghatározásához.



2. ábra: A Li⁺ kezelés hatása, a Li⁺ koncentráció (mg/kg) a méhekben és méhészeti termékekben

3.3. A lítium kezelés nem érinti a méhviaszt

A méhek által közvetlenül kiválasztott viasznak számító zugépitmény esetén egyetlen mintában (n = 19) sem mutattunk ki lítiumot (2. ábra). A kaptárak lépjeiből, azaz a sonkolyból kinyert viaszokban (n = 4) sem találtunk kimutatható mennyiségű lítiumot. Ezen kívül a viaszfőzési folyamat melléktermékeiben, (szűrlet, kaparék, főzővíz) sem igazoltunk lítiumtartalmat.

Az, hogy a viaszban nem valószínűsíthető lítiumtartalom nagy jelentőséggel bírhat, mivel a méhészeti gyakorlatban a viaszt általában újrahasznosítják. Ebből műlepet készítenek, és ilyen formájában a viaszt széles körben terjesztik a méhészek között.

Eredményünk azért is jelentős, mert más, gyakran használt akaricidok, mint az amitráz (Jiménez és mtsai, 2005), a kumafosz (Bajuk és mtsai, 2017), a tau-fluvalinát (Wilmart és mtsai, 2016), a flumetrin (Bogdanov és mtsai, 2003) és a timol (Carayon és mtsai, 2013) is megjelenhetnek a méhviaszba és így a mülépben.

3.4. A lítium szintje csökken a dehidratálás során, de maradhatnak szermaradványok az érett mézben

A méz, a legfontosabb méhészeti termék, mely több ezer, fedett és fedetlen lépsejtben beérlelt nektárt keveréke, összessége.

A fedetlen sejtek kezdetben frissen gyűjtött, éretlen nektárt tartalmaznak, amit a méhek dehidratálnak és a más sejtekbe helyeznek át a fiasítás közelébe, majd a folyamat végén egybefüggő viaszfedéllel lezárnak. A jelen vizsgálatban a fedetlen méz a kaptáron belüli lítium kinetikájának feltárására szolgált. Ugyanakkor a fedett mézet külön kezeltük, hogy a kísérlet zárásakor a beérlelt „mézet” reprezentálja.

A 141 mg/kg LiCl-ot (25 mM) tartalmazó cukorsziruppal történő kezelés rövid távon jelentősen befolyásolta a fedetlen mézet. Az 1. napon mértük a legmagasabb lítiumtartalmat (2. ábra). A méhek által végzett dehidratálási folyamat ellenére a mézben a lítium koncentrációja a kezelést követő 4. naptól kezdve csökkenni kezdett. A fedetlen méz lítiumkoncentrációja a 22. napra teljesen visszaállt a kontrollszintre (0,25 mg/kg alá). A lítium megjelenése leginkább a mézet érinti, ezen belül is annak fedetlen, érlelés alatti frakciójában jelent meg nagyobb mennyiségben. A kapott adatok alapján megerősítést nyert a lítium fedetlen mézből való kiürülésének lehetősége. A nektárt vagy cukorszirupot a méhek feldolgozzák, ennek során a méhcsaládban a méhről méhre történő többszöri átadás következtében a lépsejtek között is áthelyeződhet. Feltételezhető, hogy a lítium kiürülésének egyik legvalószínűbb módja a méheken keresztül történhet.

A fedett, érett mézben a kísérlet befejezésekor (28. nap) átlagosan a kezdeti lítiumszirup-koncentráció töredékének megfelelő értéket (22,40 mg/kg) mértünk. Ez a mennyiség összevethető a mézben eddig mért természetes lítium nyomelemtartalommal (Hernández és mtsai, 2005). A méz pozitív táplálkozási és egészségügyi hatással bír, annak nagy dózisú (napi 50-80 g) fogyasztása esetén (Bogdanov és mtsai, 2008). Ezt az értéket javasolt bevitelként alapul véve, a jelen vizsgálatból származó fedett méz esetében ez 1,12-1,79 mg lítiumnak felel meg. Ez a mennyiség más emberi táplálékból is elérhető napi lítiumbevitelként (Voica és mtsai, 2021; Schrauzer, 2002; González-Weller és mtsai, 2013). Kiemelendő, hogy ritkán alkalmaznak olyan kijuttatási módot, amelyekben a varroaellenes hatóanyagot nagy mennyiségű cukorsziruppal juttatják ki (pl. etetéssel), mivel ez elkerülhetetlenül megemelkedett szermaradványszintet idézhet elő a beraktározott élelemben a kaptárban. Bár az egyszeri kezelés valószínűleg nem eredményez aggodalomra okot adó szintet az érett mézben, a csorgatásos kijuttatás az etetésnél előnyösebb lehet, abban az esetben, ha a lítiumot állatgyógyászati készítményként törzskönyvezik.

4. Következtetések

Ebben a tanulmányban a lítiummal történő etetést követően in situ vizsgáltuk a szennyeződés folyamatát és a lítium kiürülésének lehetőségét a legfontosabb méhészeti termékekben és a kifejlett méhekben. A lítium egyértelműen pozitív tulajdonsága, hogy az általánosan használt varroicidekkel ellentétben a lítiumos kezelés a méhviaszt valószínűleg érintetlenül hagyja.

Másrészt kiderült, hogy a lítium megjelenhet az érett mézben. Annak ellenére, hogy a méz szennyezését a méhek lítiumos sziruppal való etetésével idéztük elő, a lítiumszint olyan, kereskedelmi forgalomban kapható mézek szintje alatt maradt, amelyek természetesen módon magasabb lítiumtartalommal rendelkeznek (38-110 mg/kg (Hernández és mtsai, 2005; García és mtsai, 2006)). Jelenleg a lítiumra vonatkozóan nincs meghatározva maximális szermaradványszint (MRL), és állatgyógyászati készítményként elismert hatóanyag. Széleskörű kutatások szükségesek a lítium szermaradvány meghatározásához elsősorban a pergetett mézben, esetlegesen a méhkenyérben, a Li-kezelést követő élelmezésügyi várakozási idő meghatározásához. További kísérletek szükségesek annak feltárására, hogy az olyan alkalmazási módok, mint a csorgatás (Kolics és mtsai, 2021) miként befolyásolják a szermaradványok megjelenését a mézben, különösen, ismételt kezelés esetén.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Európai Unió és a Magyar Kormány támogatásával az Európai Regionális Fejlesztési Alap és a Széchenyi 2020 program társfinanszírozási konstrukciójában a GINOP-2.3.2-15-2016-00054 azonosító számú projekt keretében valósult meg.

Irodalom

- Al Toufailya, H., Francis, L. W. R. 2018. Towards integrated control of varroa: 5) Monitoring Honey bee brood rearing in winter, and the proportion of varroa in small patches of sealed brood cells. *J. Apic. Res.* **57** (3), 444–451. <https://doi.org/10.1080/00218839.2018.1460907>
- Ayestaran, A., Martin, G.; María, G. d. B. S. 2010. Toxic but Drank: Gustatory aversive compounds induce post ingestional malaise in harnessed honeybees. *PLoS ONE*. **5**, e15000. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015000>
- Bajuk, B. P., Katarina, B., Tomaž, S., Luka, M., Metka, P., Ocepek, M. Š., Vlasta, J., Ayhan Filazi, D. Š., Silvestra, K. 2017. Coumaphos residues in honey, bee brood, and beeswax after varroa treatment. *Apidologie*. **48**, 588–598. <https://doi.org/10.1007/s13592-017-0501-y>
- Barlow, V. M., Fell, R. D. 2006. Sampling Methods for Varroa Mites on the Domesticated Honeybee; Virginia Cooperative Extension: Virginia, VA, USA, pp. 1–3. Available online: <http://hdl.handle.net/10919/50392> (accessed on 19 May 2021).
- Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R., Gallmann, P. 2008. Honey for Nutrition and Health: A Review. *J. Am. Coll. Nutr.* **27** (6), 677–689. <https://doi.org/10.1080/07315724.2008.10719745>
- Bogdanov, S., Verena, K., Ueli, B. 2003. Determination of acaricide residues in beeswax: Collaborative study. *Apiacta*. **38**, 235–245.

- Carayon, J.-L., Téné, N., Bonnafé, E., Alayrangues, J., Hotier, L., Armengaud, C., Treilhou, M. 2013. Thymol as an alternative to pesticides: Persistence and effects of Apilife Var on the phototactic behavior of the honeybee *Apis mellifera*. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **21**, 4934–4939. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2143-6>
- Castillo-Quan, J. I., Tain, L. S., Kinghorn, K. J., Li, L., Gronke, S., Hinze, Y., Blackwell, K. T., Bjedov, I., Partridge, L. 2019. A triple drug combination targeting components of the nutrient-sensing network maximizes longevity. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **116** (42), 20817–20819. <https://doi.org/10.1073/pnas.1913212116>
- Coffey, M. F., Breen, J. 2016. The efficacy and tolerability of Api-Bioxal® as a winter varroacide in a cool temperate climate. *J. Apic. Res.* **55** (1), 65–73. <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1200866>
- García, J. C. R., Rodríguez, R. I., Crecente, R. M. P., García, J. B., Martín, S. G., Latorre, C. H. 2006. Preliminary chemometric study on the use of honey as an environmental marker in Galicia (Northwestern Spain). *J. Agric. Food Chem.* **54** (19), 7206–7212. <https://doi.org/10.1021/jf060823t>
- Genersch, E. 2010. American foulbrood in honeybees and its causative agent, *Paenibacillus larvae*. *J. Invertebr. Pathol.* **103** (Suppl.), S10–S19. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.06.015>
- González-Weller, D., Rubio, C., Gutiérrez Ángel, J., González, G. L., Mesa, J. M. C., Gironés, C. R., Ojeda, A.B., Hardisson, A. 2013. Dietary intake of barium, bismuth, chromium, lithium, and strontium in a Spanish population (Canary Islands, Spain). *Food Chem. Toxicol.* **62**, 856–868. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.10.026>
- Hernández, O. M., Fraga, J. M. G., Jiménez, A. I., Jiménez, F., Arias, J. J. 2005. Characterization of honey from the Canary Islands: Determination of the Mineral content by atomic absorption spectrophotometry. *Food Chem.* **93** (3), 449–458. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.036>
- Hurst, V., Philip, C. S., Geraldine, A. W. 2014. Toxins induce “Malaise” behaviour in the Honeybee (*Apis Mellifera*). *J. Comp. Physiol. A.*, **200** 881–890. <https://doi.org/10.1007/s00359-014-0932-0>
- Jiménez, J. J., José, L. B., María, J. d. N., María, T. M. 2005. Residues of organic contaminants in beeswax. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **107** (12), 896–902. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200500284>
- Khalifa, S.A., Elashal, M., Kieliszek, M., Ghazala, N. E., Farag, M. A., Saeed, A., Xiao, J., Zou, X., Khatib, A., Göransson, U., et al. 2020. Recent insights into chemical and pharmacological studies of bee bread. *Trends Food Sci. Technol.* **97**, 300–316. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.021>
- Kolics, B., Sajtos, Z., Matyas, K., Kolics, É., Taller, J., Baranyai, E. 2019. Lithium Chloride—Hazard or Possibility? In Proceedings of the 46th APIMONDIA—International Apicultural Congress: Montréal, QC, Canada, 8–12 September 2019.
- Kolics, É., Kinga, M., János, T., András, S., Balázs, K. 2020. Contact effect contribution to the high efficiency of lithium chloride against the mite parasite of the honey bee. *Insects*, **11** (6), 333. <https://doi.org/10.3390/insects11060333>

- Kolics, É., Specziár, A., Taller, J., Mátyás, K., Kolics, B. 2021. Lithium chloride outperformed oxalic acid sublimation in a preliminary experiment for varroa mite control in pre-wintering honey bee colonies. *Acta Vet. Hung.* **68** (4), 370–373. <https://doi.org/10.1556/004.2020.00060>
- Léonard, A., Hantson, P., Gerber, G. 1995. Mutagenicity, carcinogenicity and teratogenicity of lithium compounds. *Mutat. Res. Genet. Toxicol.* **339** (3), 131–137. [https://doi.org/10.1016/0165-1110\(95\)90007-1](https://doi.org/10.1016/0165-1110(95)90007-1)
- Mozes-Koch, R., Slabezki, Y., Efrat, H., Kalev, H., Kamer, Y., Yakobson, B., Dag, A. 2000. First detection in Israel of fluvalinate resistance in the varroa mite using bioassay and biochemical methods. *Exp. Appl. Acarol.* **24**, 35–43. <https://doi.org/10.1023/A:1006379114942>
- Prešern, J. 2020. Neurostatistical approach to toxicological testing in honeybees. *MethodsX*. **7**, 101077. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.101077>
- Prešern, J., Kur, U., Bubnič, J., Šala, M. 2020. Lithium contamination of honeybee products and its accumulation in brood as a consequence of anti-varroa treatment. *Food Chem.* **330**, 127334. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127334>
- Rosenkranz, P., Pia, A., Bettina, Z. 2010. Biology and control of varroa destructor. *J. Invertebr. Pathol.* **103** (Suppl.), S96–S119. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.07.016>
- Schrauzer, G. N. 2002. Lithium: Occurrence, Dietary intakes, nutritional essentiality. *J. Am. Coll. Nutr.* **21** (1), 14–21. <https://doi.org/10.1080/07315724.2002.10719188>
- Spivak, M., Reuter, G. 2005. A Sustainable Approach to Controlling Honey Bee Diseases and Varroa Mites, USDA:Washington, DC, USA. pp. 1–6.
- Spreafico, M., Bernardinelli, I., Colombo, M.P. 2001. First detection of strains of Varroa destructor resistant to coumaphos. Results of laboratory tests and field trials. *Apidologie.* **32** (1), 49–55. <https://doi.org/10.1051/apido:2001110>
- Stanimirovic, Z., Uroš, G., Marko, R., Nevenka, A., Nemanja, J., Branislav, V., Jevrosima, S. 2019. Looking for the causes of and solutions to the issue of honey bee colony losses. *Acta Vet. Beogr.* **69** (1), 1–31. <https://doi.org/10.2478/acve-2019-0001>
- Voica, C., Roba, C., Iordache, A. M. 2021. Lithium levels in food from the romanian market by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS): A pilot study. *Anal. Lett.* **54** (1–2), 242–254. <https://doi.org/10.1080/00032719.2020.1748642>
- Whitehead, A. T. 1978. Electrophysiological response of honey bee labial palp contact chemoreceptors to sugars and electrolytes. *Physiol. Entomol.* **3** (3), 241–248. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.1978.tb00153.x>
- Wilmart, O., Anne, L., Marie-Louise, S., Wim, R., Bruno, U., Dirk, C. D. G., Walter, S., Philippe, D., Pascal, G., Bach, K. N. 2016. Residues in Beeswax: A health risk for the consumer of honey and beeswax? *J. Agric. Food Chem.* **64** (44), 8425–8434. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02813>
- Ziegelmann, B., Blumenschein, M., Rein, C., Lang, V., Hannus, S., Rosenkranz, P. 2019. Varroa Treatment of Brood Free Honey Bee Colonies with Lithium Chloride. In Proceedings of the 46th APIMONDIA—International Apicultural Congress, Montréal, QC, Canada, 8–12 September 2019.

Ziegelmann, B., Elisabeth, A., Stefan, H., Michaela, B., Stefan, B., Peter, R. 2018. Lithium chloride effectively kills the honey bee parasite varroa destructor by a systemic mode of action. *Sci. Rep.* 8, 683. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-19137-5>

*A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:
CC-BY-NC-ND-4.0.*

*This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.*

