

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**NYERS ÉS EXTRAHÁLT PROPOLISZOK ELEMNTARTALMI
VIZSGÁLATA ÉS FÖLDRAJZI EREDET SZERINTI AZONOSÍTÁSA**

Készítette:
Soós Áron
doktorjelölt

Témavezető:
Prof. Dr. Kovács Béla
egyetemi tanár



DEBRECENI EGYETEM

**Kerpely Kálmán Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori
Iskola**

Debrecen
2020

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

A propolisz, illetve a belőle készült termékek az apiterápia egyik eszközét jelentik, melyek többek között antioxidáns, gyulladáscsökkentő és antibakteriális tulajdonságuk révén hozzájárulnak az ember egészségének fenntartásához és javításához (Anjum et al., 2018). A pozitív élettani hatásuk elsősorban például a flavonoid-tartalmukhoz kötődik. A propoliszok szerves összetételét elemezve több mint 300 komponenst azonosítottak belőle (De Groot et al., 2014). Ugyanakkor kevés információval rendelkezünk az elemösszetételüket tekintve, különös tekintettel a propolisz-tartalmú termékek, például a tinktúra elemtartalma vonatkozásában. Az elemösszetétel a nyers propoliszok – és más élelmiszerek tekintetében is – gyakran hasznos információval szolgál a földrajzi eredetükkel kapcsolatban (Cantarelli et al., 2011; Gong et al., 2012). A földrajzi eredet pedig befolyással lehet a propolisz szerves komponenseire, annak biológiai tulajdonságaira egyaránt (Bankova et al., 2000). Emiatt a vizsgálataim elsősorban a propolisz és a propolisz-tartalmú termékek elemösszetételének meghatározására összpontosítottak. Az alábbi kérdésekre kerestem választ:

- Milyen módszerrel gyorsítható a mintaelőkészítés? Az általam alkalmazott mintaelőkészítés és a felhasznált műszeres mérés alkalmas-e az elemtartalmi meghatározás elvégzésére a nyers és az extrahált propoliszokban?
- Hogyan alakul a hazai nyers propoliszok elemösszetétele, és milyen mértékben egyezik a külföldi minták eredményeivel?
- Megkülönböztethetőek-e az ország régióiból származó nyers propoliszok az elemtartalmi összetételük alapján, valamint melyek az elkülönítés alapját képező elemek?
- Hogyan befolyásolja a tinktúra elemösszetételét a tinktúrakészítés során az extrakciós idő, a kivonószer etanol koncentrációja, illetve a kivonószer aránya a nyers propoliszhoz képest?
- Milyen kapcsolat áll fenn a tinktúrák flavonoid-tartalma és az elemösszetétele között?
- Hogyan alakul az elemek átviteli hatásfoka a nyers propoliszból a tinktúrába?
- A tinktúra elemösszetétele alapján megállapítható-e az eredeti nyers propolisz elemösszetétele?
- A propolisz tinktúra esetében is alkalmazható-e az eredetazonosítási eljárás elemtartalom alapján?

A felsorolt kérdések megválaszolásán felül céлом volt létrehozni egy adatbázist a hazai nyers propoliszok elemösszetételéről.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A **nyers propoliszok vizsgálatát** összesen 252 mintán végeztem el, melyek település- és régiószintű származását ismertem. A propolisz minták az Országos Magyar Méhészeti Egyesület közreműködésével 2014 őszén lettek begyűjtve álló méhészetekből, a gyűjtést a méhészek végezték. A nyers minták homogenizálva kerültek hozzám. Ezeket korábban az Eszterházy Károly Egyetem Élelmiszertudományi és Borászati Tudásközpontban folyékony nitrogénnel lefagyasztották, majd dörzsmozsárban homogenizálták. A homogenizált mintákat a kémiai mintaelőkészítésig és az extrakcióig szcintillációs edényben tároltam. A mintákat a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Élelmiszertudományi Intézetében mikrohullámú roncsolással készítettem elő az elemtartalom meghatározáshoz. Mivel a mintákból korlátozott mennyiség állt rendelkezésre, egyúttal a mintaátbocsátási képesség javítása is a célom volt, ezért „vessel inside vessel” módszert alkalmaztam.

A propoliszokból 0,1000 g-ot mértem be a kvarccsövekbe $\pm 0,0100$ g pontossággal, melyhez 2 mL cc. HNO_3 -at adtam és egy éjszakát állni hagytam. Másnap 0,6 mL 30% (m/m)-os H_2O_2 -t adtam hozzá, majd teflonszalaggal lezártam a kvarccsöveket. Poli(tetrafluor-etilén) (PTFE, teflon) edényekbe helyeztem a kvarccsöveket, edényenként 3 csövet. A megfelelő hőmérsékletszabályozás, a roncsolódás hevességének lassítása, illetve a nyomáskiegyenlítés érdekében 10 mL desztillált vizet raktam a PTFE edény és a kvarccsövek közé. Ezt követően a teflonedényeket lezártam és a mikrohullámú roncsolóba (Milestone Start D, Milestone Srl, Sorisole, Olaszország) helyeztem őket. A roncsolás paraméterei a következők voltak: 15 perc alatt felmelegítés 180°C -ra, 20 percig 180°C -on tartás, ezt követően 60 perc ventiláció. A roncsolatokat kvantitatív módon 15 mL-es centrifugacsövekbe mostam át Pasteur pipetta segítségével és 9,5-10,5 mL-re egészítettem ki desztillált vízzel. Mivel a centrifugacsövek skálázása nem teljesíti az általam elvárt pontosságot, ezért az oldatok pontos térfogatát a desztillált vízzel feltöltött roncsolat tömege és sűrűsége szorzatával számoltam ki. A roncsolatokat $1,07 \text{ g cm}^{-3}$ sűrűségűnek tekintettem.

Az elemtartalmi meghatározást a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Élelmiszertudományi Intézetében, egy Thermo Scientific iCAP 6300 Dual view induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométerrel (ICP-OES) és egy Thermo Scientific XSeries II induktív csatolású plazma tömegspektrométerrel (ICP-MS) (Bréma, Németország) végeztem. Az ICP-MS mérés előtt egy 5-szörös hígítás történt a savtartalom csökkentése céljából, és Rh belső standard-et adtam hozzá, melynek végső koncentrációja $40 \mu\text{g L}^{-1}$ volt, míg ICP-OES-nél nem volt hígítás és belső standardizálás sem.

A nyers propoliszból a propolisz tinktúrába (kivonatba) való átoldódás vizsgálatához létrehoztam egy keverék propoliszt a korábban begyűjtött hazai propoliszok közül kb. 30 minta összekeverésével és homogenizálásával. Ez a propolisz tehát egy keverék volt, közel minden megyéből tartalmazott mintát, de egyik megye sem dominált, ezért egy hazai, átlagos összetételű propolisznak tekinthető. Ebből a nyers propoliszból 15 mL-es centrifugacsövekbe 0,5000 g-ot mértem be $\pm 0,0100$ g pontossággal. A kioldódás hatásfokának vizsgálatakor figyelembe vettem az extrahálószer összetételét (etanoltartalomra vonatkoztatva 0, 50, 80 és 100% (v/v), MilliQ minőségű vízben), az extrahálószer térfogatát (2,5 mL, 5,0 mL és 10 mL), illetve az extrakciós időt (1 óra, 1 nap, 1 hét és 1 hónap). Az extrahálást szobahőmérsékleten, $23 \pm 2^\circ\text{C}$ -on végeztem. Mindegyik beállításból 3 párhuzamos mintát készítettem. Az extrahálószer hozzáadását követően intenzíven összeráztam a csöveket Vortex segítségével, majd az 1 napos, 1 hetes és 1 hónapos extrakciós idejű minták esetén a munkanapok elején és végén is összekevertem őket. Az extrakciós idő leteltekor újra összekevertem, majd centrifugáltam őket. A felülúszót centrifugacsőbe szűrtem át.

Roncsolás nélküli direkt mintabevitellel nem sikerült a tinktúrák elemösszetételét megvizsgálni, ezért roncsolásos mintaelőkészítést kellett használnom. Mivel azt tapasztaltam, hogy a tömény salétromsav és a kivonatok etanoltartalma heves reakcióba lép egymással, ezért a kivonatokból az etanolt a roncsolás előtt előzetesen eltávolítottam. Ehhez a tinktúrákat előbb összeráztam és 2 mL-t mértem be belőlük kvarccsövekbe, kivéve a 2,5 mL extrahálószeret tartalmazó beállításnál, ugyanis ebben az esetben 1 mL volt a bemért térfogat. A bepárlást kíméletesen, 40°C -on tömegállandóságig végeztem azért, hogy elkerüljem az esetleges negatív hibát az elemek illékonyaságából adódóan. Az összehasonlíthatóság miatt a vizes kivonatok előkészítésekor is bepárlást alkalmaztam. Az ezt követő lépések megegyeznek a nyers propoliszok roncsolásával.

Az átviteli hatásfok vizsgálatához véletlenszerűen kiválasztottam 27 nyers propoliszt a rendelkezésre álló mintákból. Ezek a minták nem feltétlenül egyeztek meg a keverék propolisz készítése során felhasználtakkal. A mintákat – egy kiválasztott extrahálási beállítás mellett – 1 hétig, 5 mL 80% (v/v)-os etanollal extraháltam. A mintaelőkészítés és az elemtartalom meghatározás megegyezett a fentebb leírtakkal. A százalékos átviteli hatásfokot (TC) az alábbi összefüggés alapján számoltam ki:

$$\text{TC (\%)} = \frac{\text{tinktúrában mért koncentráció (mg L}^{-1}\text{)}}{\text{nyers propoliszban mért koncentráció (mg kg}^{-1}\text{)}} * \text{hígítási faktor (L kg}^{-1}\text{)} * 100$$

A kimutatási határok javítása érdekében nagy figyelmet szenteltem a laboratóriumi tisztasági körülmények javítására, valamint az elemanalitikai tisztaságú vegyszerek

használatára. A lehetőségekhez képest a lehető legtisztább körülményeket igyekeztem kialakítani. A környezetből származó (antropogén eredetű) szennyeződések kiküszöbölésére a használt felületeket rendszeresen tisztítottam, illetve amennyiben lehetőség volt rá, a mintákat papírral fedtem le a külső szennyezések bekerülése ellen. A szűrőpapírokat rendszeresen cseréltem. Az oldatkészítéshez használt víz tisztítását MilliQ (Millipore Corp., Bedford, MA, USA) rendszer végezte. A második legnagyobb mennyiségben használt vegyszer a salétromsav volt. Ehhez a tisztítást egy Milestone subPUR (Milestone Srl, Sorisole, Olaszország) forráspont alatt desztilláló rendszer segítségével oldottam meg. A gyártási por okozta szennyezések kivédésére a felhasznált gyári műanyag eszközöket első lépésben 2% (m/m)-os HNO₃-ban áztattam legalább 3 napig, majd nagytisztaságú vízben áztattam legalább 1 napig. Ezt követően desztillált vízzel átöblítettem és tiszta szűrőpapíron szárítottam az eszközöket szűrőpapírral lefedve, majd tiszta zacskóban tároltam ezeket a felhasználásig. A keresztszennyezések elkerülésére minden minta előkészítésekor új műanyag eszközöket használtam. A roncsoláshoz használt kvarccsövek tisztításakor először desztillált vízzel többször előblítettem azokat. Ezt követően fültisztító pálcával átdörzsöltem a cső belső felületét és ismételten többször átöblítettem desztillált vízzel, majd hagytam megszáradni.

A polifenol-tartalom meghatározást a különböző extrahálási körülményekkel készült tinktúrák elemzésére használtam, melyet Folin-Ciocalteu módszere alapján végeztem (Singleton et al., 1999), amelyben kisebb módosításokat tettem. Az oldatok abszorbanciáját Thermo Electron Corporation Nicolet Evolution 300 spektrofotométerrel határoztam meg 760 nm-en. Az eredményt galluszsav ekvivalensben (mg GAE L⁻¹) adtam meg. **A flavonoid-tartalom meghatározását** a különböző extrahálási körülményekkel készült tinktúrák elemzésére használtam, melyet Zhishen et al. (1999) módszere alapján végeztem, melyen kisebb módosításokat tettem. Az abszorbanciájukat a fent említett spektrofotométerrel mértem 510 nm-en. Az eredményt katechin ekvivalensben (mg CE L⁻¹) adtam meg.

A felhasznált szoftverek: Az ICP-OES és az ICP-MS készülékek vezérlése az iTEVA 2.8.0.97 és a Thermo PlasmaLab 2.5.10.319 szoftverekkel történt. A statisztikai értékelésre IBM SPSS 22.0 szoftvert használtam, melyen belül az egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) és a Tukey tesztet, a Pearson-féle korrelációt, a főkomponens analízist és a lineáris diszkriminancia analízist alkalmaztam. Az eredmények értékelésére és a diagramok készítésére a Microsoft Excel 2013-as verzióját használtam.

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

3.1. A mintaelőkészítési és mérési módszer értékelése

A nyomelem analitikai elemzés esetében nagy jelentőséggel bír a mintaelőkészítési és mérési módszer **kimutatási határa**. Ehhez a lehető legkisebb mennyiségű reagenst, vagyis 2 mL HNO₃ + 0,6 mL H₂O₂ -t adagoltam 0,1000 g mintához. Az eredeti, szilárd mintára vonatkozó kimutatási határok a következő sorrendben alakultak az ICP-MS-sel mért elemeknél: 0,0957-0,686 µg kg⁻¹ között volt a Lu, Tm, Ho, Tb, Eu, Er, Yb, Dy, Gd, Pr, U, Cs és a Sm, 1,51-14,8 µg kg⁻¹ között a Nd, La, Ce, Co, Cd, V és a Mo, míg 39,0-55,5 µg kg⁻¹ között alakult a Ni, Cu, Mn és a Cr kimutatási határa. Az ICP-OES-sel mért elemek közül a kimutatási határ 0,0811-0,639 mg kg⁻¹ között volt a Sr, Ba és a B, 1,28-6,91 mg kg⁻¹ között a Zn, Fe, Mg, P, S, Al, Na és a K elemeknél, a legmagasabb kimutatási határral pedig a Ca rendelkezett, 56,7 mg kg⁻¹ értékkel. Az elért alacsony kimutatási határok eredményeként a La kivételével 35 elem koncentrációját meg tudtam határozni minden nyers propolisz mintában. A tinktúrák előkészítésekor azt állapítottam meg, hogy a kedvezőbb hígítási faktor ellenére némely elem esetében a kimutatási határ alatt maradt a koncentrációjuk. Ugyanakkor a tinktúrák készítése miatt a minták előkészítésekor az elemek többségének mérésére ez is megfelelő, elsősorban a lantanoidák képeznek kivételt ez alól. Ezen felül elmondható, hogy ugyanazon teflonedényen belül elhelyezett kvarccsövek között nem tapasztaltam keresztzennyezést, ezért akár független minták is előkészíthetők egymás mellett.

A **pontosságot** a meghatározások során legalább 22 spike-visszaméréssel ellenőriztem a nyers propoliszok előkészítése során. Az elemenkénti átlagos visszamérések 87,4-109,9% között alakultak. A tinktúrák adalékolását értékelve azt kaptam, hogy a legkisebb és a legnagyobb spike-visszamérés értéke 83,4 és 116,2%, az átlagos értéke pedig 99,1% volt az összes elem vonatkozásában. Ez alapján az előkészítés pontosságát nem befolyásolta a mintaelőkészítés során alkalmazott, 40°C hőmérsékleten végzett bepárlás. Összességében pedig elmondható, hogy a spike-visszamérés alapján megfelelő a módszer pontossága. Egy-egy mérés során egy körvizsgálatból származó rizsszalma (*Oryza sativa*) vagy egy nádféle minta (*Miscanthus sp.*) (Wageningen Evaluating Program for Analytical Laboratories) szolgált referenciaként. Ezen felül elvégeztem egy BCR 189 teljes kiőrlésű liszt referenciaminta mérését is. A kapott eredmények alapján elmondható, hogy az általam mért értékek néhány kivétellel jó összhangban vannak az elméleti értékkel, így a módszer pontossága ez alapján is megfelelő.

A módszer **megismételhetőségét** összesen 252 nyers propolisz esetében határoztam meg 3 párhuzamos minta mérése mellett. Azt tapasztaltam, hogy az ICP-OES-sel mért makro- és mikroelemek relatív szórása (RSD) a Ba kivételével általában alacsonyabb. Az átlagos

megismételhetőséget figyelembe véve 5,3-9,2% az RSD értéke, míg a Ba-é 12,3%. Az ICP-MS-sel meghatározott mikroelemeké ezeknél kissé magasabb, 7,5-12,0% közötti, míg a ritkaföldfémek és az U esetében az RSD átlagos értéke 10,9-14,4% közé esik.

Az általam használt roncsolási módszerrel az egyik cél az volt, hogy a mikrohullámú **roncsoló korlátozott mintaátbocsátási képességét javítsam**, ami az alkalmazott technikával sikerült. Mivel a teflonedényekbe egyszerre 3-3 kvarccsövet lehet elhelyezni maximálisan, ezért a roncsolás mintaátbocsátási képessége akár háromszorosára is nőhet. A „zöld kémia” követelményeinek megfelelően – a hagyományos mikrohullámú roncsolással szemben – sikerült alacsonyabb mennyiségű salétromsavval (2 mL) és hidrogén-peroxiddal (0,6 mL) megvalósítani egy minta előkészítését. Ráadásul a szükséges mintamennyiség is kevesebb, ami kedvező abból a szempontból, hogy sok esetben korlátozott mennyiségben álltak rendelkezésre a méréshez felhasználható propoliszok.

3.2. A nyers propoliszok elemösszetételének értékelése

A 252 vizsgált hazai nyers propolisz minta elemösszetételére vonatkozó leíró statisztikai jellemzőket az *1. táblázatban* mutatom be. A vizsgált minták reprezentatív módon tükrözik a hazai propoliszok elemösszetételét. Összesen 36 elem koncentrációjára vonatkozó eredményeket írtam le elsőként a hazai nyers propoliszokra, melyeket egy elem kivételével mind a kimutatási határ fölötti koncentrációban tudtam meghatározni. Ez az adatbázis nemzetközi szinten is egyedülálló, hiszen a szakirodalmakban nem lelhető fel olyan publikáció, mely által közölt adatbázis ennyi mintából épülne fel, ráadásul 36 elemre vonatkozóan tartalmazna eredményeket az adott ország nyers propoliszairól, mindezt reprezentatív módon. A statisztikai jellemzők alapján megállapítható, hogy a koncentráció értékek széles tartományban fordulnak elő. A minimumot és a maximumot összehasonlítva az látható, hogy nagy eltérés van köztük. A legkisebb eltérés is 9,0-szeres, míg mindegyik másik elemnél ez 10-szeres érték fölötti. Ez azt jelenti, hogy az elemekre kapott koncentrációk a Mg kivételével nem egy nagyságrenden belül találhatók. A maximum és minimum koncentráció hányadosa 25 alatti az Al, B, Ca, K, Mg, Mn, Na, P, S, Cs, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm és Yb elemeknél. Két nagyságrenden belüli a koncentrációja, vagyis 100 alatti a koncentrációk hányadosa az előbb említett elemeken felül a Cu, Fe, Sr, Co, Mo, Lu és az U elemeknek. Több mint 100-szoros eltérést figyeltem meg a Ba, Zn, V, Cr, Ni, Cd és az Eu elemeknél a legmagasabb és a legalacsonyabb koncentráció között, ahol kiemelendő a Zn és a Ba, mivel a legnagyobb és a legkisebb mért koncentráció között 522-szeres és 1638-szoros különbséget találtam.

1. táblázat: A vizsgált hazai nyers propolisz minták leíró statisztikai jellemzői (n=252)

elemek	medi- án	átlag	szórás	mini- mum	maxi- mum	max / min*	átlag / medián*	ferde- ség*	csúcsos- ság*
K (mg kg ⁻¹)	792	900	414	289	3440	11,9	1,14	2,299	9,468
Ca (mg kg ⁻¹)	493	590	346	211	2600	12,3	1,20	2,413	8,243
S (mg kg ⁻¹)	234	256	118	90,4	1010	11,2	1,09	1,897	7,064
P (mg kg ⁻¹)	213	235	96	60,5	606	10,0	1,11	0,813	0,420
Fe (mg kg ⁻¹)	171	213	160	36,8	1450	39,3	1,25	3,215	16,74
Mg (mg kg ⁻¹)	156	171	77	51,8	465	9,0	1,09	1,279	1,963
Al (mg kg ⁻¹)	116	140	90	39,7	938	23,6	1,20	3,585	25,06
Zn (mg kg ⁻¹)	54,7	144	331	5,34	2790	522	2,63	5,209	30,62
Na (mg kg ⁻¹)	32,8	39,8	25,5	9,93	158	15,9	1,21	2,440	7,104
Ba (mg kg ⁻¹)	8,59	25,5	79,6	0,690	1130	1638	2,97	11,10	149,0
B (mg kg ⁻¹)	5,41	5,78	2,12	2,00	20,3	10,1	1,07	1,739	7,987
Mn (mg kg ⁻¹)	4,79	5,72	3,47	0,887	21,1	23,8	1,19	1,961	4,916
Sr (mg kg ⁻¹)	1,72	2,26	1,86	0,520	20,2	38,9	1,31	4,580	35,81
Cu (mg kg ⁻¹)	1,47	2,08	2,32	0,573	26,9	47,0	1,41	6,561	59,86
Cr (mg kg ⁻¹)	0,502	1,01	2,52	0,0909	38,4	422	2,01	13,13	193,4
Ni (mg kg ⁻¹)	0,283	0,573	2,227	0,0903	28,8	319	2,02	11,27	131,0
V (mg kg ⁻¹)	0,204	0,276	0,396	0,0578	5,81	101	1,35	11,29	153,9
Ce (mg kg ⁻¹)	0,182	0,229	0,157	0,0592	1,01	17,1	1,26	2,096	6,337
Co (mg kg ⁻¹)	0,103	0,163	0,197	0,0182	1,30	71,2	1,59	3,580	15,11
La (µg kg ⁻¹)	96,9	n.sz.	n.sz.	<1,53	544	n.sz.	n.sz.	1,940	6,169
Nd (µg kg ⁻¹)	77,1	97,1	69,1	25,5	476	18,6	1,26	2,446	8,608
Mo (µg kg ⁻¹)	76,7	91,7	80,5	17,0	889	52,2	1,20	6,747	60,17
Cd (µg kg ⁻¹)	33,3	64,1	131,8	5,99	1480	247	1,93	7,433	66,49
Pr (µg kg ⁻¹)	20,2	25,9	18,6	6,71	121	18,1	1,28	2,405	8,217
Gd (µg kg ⁻¹)	15,5	19,1	13,4	4,74	95,1	20,1	1,23	2,357	7,993
Sm (µg kg ⁻¹)	15,1	19,1	13,6	5,18	97,9	18,9	1,27	2,505	9,174
Cs (µg kg ⁻¹)	14,3	16,6	10,5	4,86	89,1	18,3	1,16	2,735	12,64
Dy (µg kg ⁻¹)	9,35	11,9	8,4	3,17	66,9	21,1	1,27	2,555	10,25
U (µg kg ⁻¹)	6,01	8,17	8,71	1,73	113	65,0	1,36	7,468	82,76
Eu (µg kg ⁻¹)	5,19	8,99	18,68	1,14	270	237	1,73	11,82	165,9
Er (µg kg ⁻¹)	5,11	6,32	4,35	1,65	35,2	21,4	1,24	2,453	9,809
Yb (µg kg ⁻¹)	3,91	5,01	3,59	1,20	29,5	24,6	1,28	2,617	10,96
Tb (µg kg ⁻¹)	2,02	2,53	1,70	0,641	12,9	20,1	1,25	2,229	7,789
Ho (µg kg ⁻¹)	1,78	2,22	1,57	0,562	12,7	22,5	1,24	2,518	10,19
Tm (µg kg ⁻¹)	0,643	0,796	0,570	0,191	4,33	22,7	1,24	2,427	8,833
Lu (µg kg ⁻¹)	0,542	0,697	0,506	0,106	3,99	37,8	1,29	2,497	9,656

*nincs mértékegysége; n.sz.: nem számolható

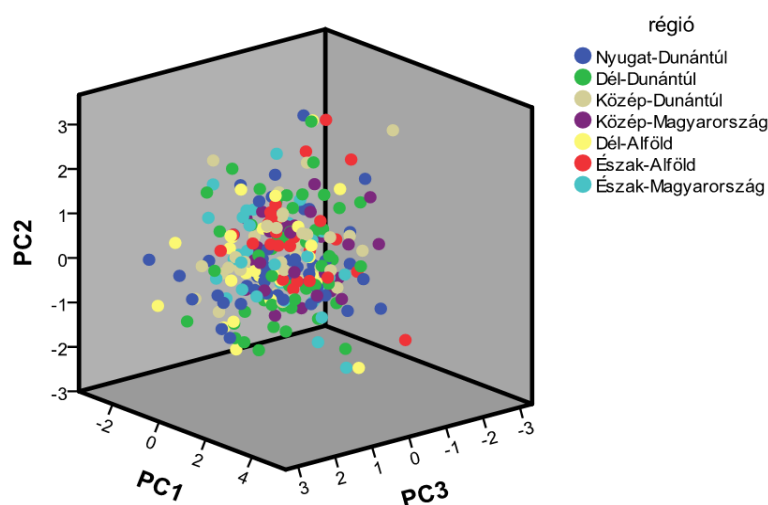
Az elemkoncentrációk eloszlását a mintahalmazon belül többek között statisztikai próbák segítségével ellenőriztem. A ferdeség („skewness”) és a csúcsosság („kurtosis”) tekintetében minden esetben pozitív értéket kaptam (1. táblázat), ami jobbra ferde eloszlást igazol. A legalacsonyabb ferdeséggel a P rendelkezett (0,813), míg 1-2 érték közötti a ferdesége a Mg, Mn, S és a La elemeknek. A legtöbb elem ferdesége 2-3 közötti, ugyanakkor kiemelkedő, 11 körüli a ferdesége a Ba, Ni, V és az Eu elemeknek, 13 fölötti pedig a Cr értéke. A csúcsosság tekintetében 2 alatti az értéke a P és a Mg elemeknek, de más elemeknél sok esetben extrém magas a csúcsosság mutatója. A Ba, Ni, V, Eu és a Cr elemeknek 100 fölötti a csúcsosság értéke. Tehát az elemek többségéről elmondható, hogy koncentrációjuk nem normál eloszlású, hanem erősen jobbra ferde és erősen csúcsos eloszlású a propoliszokban.

Az elemek koncentrációjának sorrendjét a medián szerint rendezve tudtam leginkább leírni (1. táblázat), mely a következő: K>Ca>S>P>Fe>Mg>Al>Zn>Na>Ba>B>Mn>Sr>Cu>Cr>Ni>V>Ce>Co>La>Nd>Mo>Cd>Pr>Gd>Sm>Cs>Dy>U>Eu>Er>Yb>Tb>Ho>Tm>Lu.

Összehasonlítva a hazai propoliszokat külföldi eredményekkel, érdemes kiemelni, hogy többségében hasonló nagyságrendbe eső koncentráció eredményeket kaptam az elemekre. Sok esetben tapasztaltam alacsonyabb értékeket a dél-spanyol (Bonvehí és Bermejo, 2013), vagy kínai (Gong et al., 2012) mintákkal összehasonlítva, pl. a K, Ca, Fe vagy a Mg tekintetében. Ez magyarázható lehet az eltérő botanikai eredettel. Az eredményeket értékelve azt is megfigyeltem, hogy pl. a dél-spanyol, kínai vagy horvát (Cvek et al., 2008) propoliszokban általában a Ca fordul elő a legnagyobb koncentrációban, addig a hazai mintákban a K koncentrációja megelőzi a Ca-ét. Az argentin mintákkal összevetve, a mikroelemek koncentrációja tekintetében ugyancsak hasonlóságot tapasztaltam, de a mért lantanoidák 2-3 nagyságrenddel alacsonyabb koncentrációban fordultak elő Cantarelli et al. (2011) kutatásában.

A földrajzi eredet szerinti elkülönítés lehetőségét 252 hazai nyers propolisz esetében vizsgáltam. A mintáknak ismert volt a településszintű származása, de a földrajzi elkülönítést régió szintjén ellenőriztem. Ahhoz, hogy statisztikai módszerekkel értékelni tudjam az eredményeket, a független változóknak normál eloszlásúaknak kell lenniük. Mivel igazoltam, hogy ez nem teljesül, emiatt a koncentráció értékek tízes alapú logaritmusát vettem figyelembe az összehasonlítás során. A logaritmikus skálán ábrázolt koncentrációk csúcsossága és ferdesége a legtöbb elem esetében közelebb áll a normál eloszláshoz, vagyis ± 1 tartományba esik. Azokat az elemeket, melyek csúcsossága vagy ferdesége ebben az esetben is meghaladta az 1-et, a kemometriai módszerekkel nem értékeltem. Ez alapján kizártam az értékelésből a Cd, Cr, Cu, Eu, Mo, Ni, U, V és Zn elemeket. A La koncentrációját pedig amiatt nem értékeltem, mert a minták egy részében kimutatási határ alatt volt a koncentrációja.

A független változók közötti összefüggés feltárására a főkomponens analízis (PCA) egy alkalmas eljárás lehet, mely az n darab független változóból $\leq n$ darab főkomponenst generál, amelyek korrelálatlanok egymással. Az értékelést lefuttatva a főkomponensek sajátértékei alapján 3 főkomponenst (PC1, PC2, PC3) hagytam meg, melyek a teljes variancia 85,3%-át fejezték ki. A főkomponens analízis eredményét az 1. ábrán látható háromdimenziós pontdiagramon ábrázoltam, melyen az egyes minták régió szerinti földrajzi eredetét külön-külön színnel jelöltem. Az eredményekből nem figyelhető meg összefüggés a földrajzi eredettel kapcsolatban, az egyes régiókhoz tartozó pontok nem alkotnak külön csoportokat a diagramon, hanem más régiókkal keverednek. Emiatt a főkomponens analízis alkalmazását elvetettem.

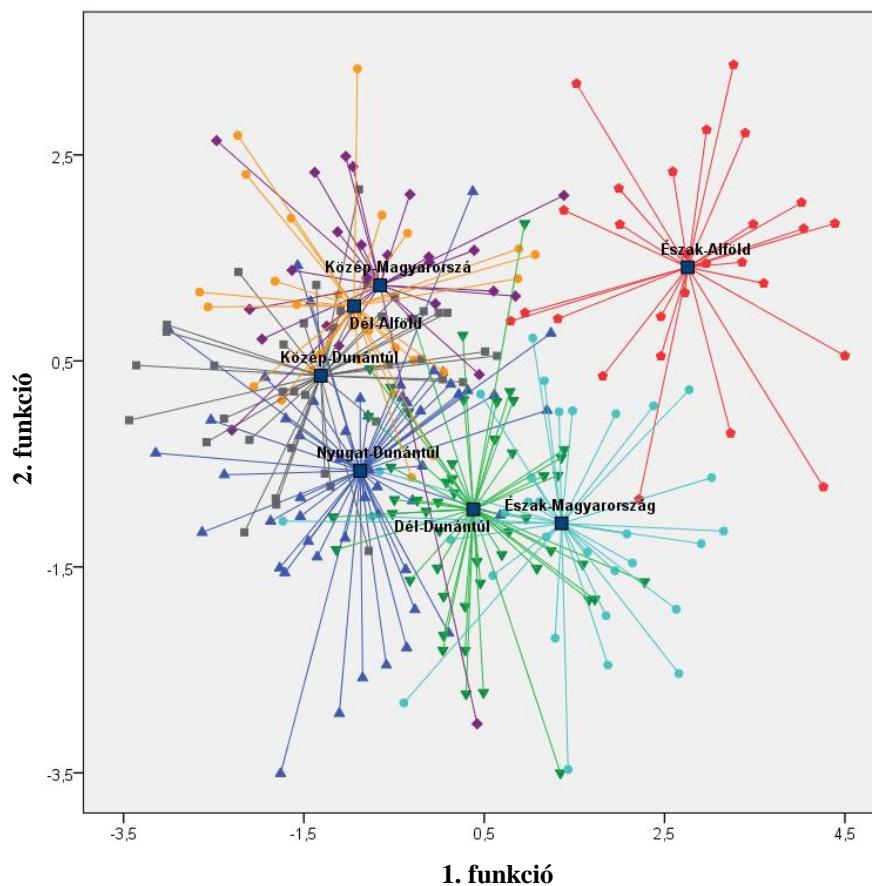


1. ábra: A nyers propolisz minták logaritmizált elemkoncentrációinak értékelése főkomponens analízissel (PCA) a minták földrajzi eredete alapján

A földrajzi régiók elkülönítésére a PCA helyett a lineáris diszkriminancia analízist (LDA) alkalmaztam. Ez a módszer a PCA-hoz hasonlóan egy dimenziócsökkentési eljárás, viszont a dimenziók számának csökkentése mellett egyúttal a különböző osztályok közötti varianciát maximalizálja, miközben az egy adott osztályon belüli varianciát minimalizálja. Az LDA elemzést lefuttatva megkaptam az egyes változók hozzájárulásának mértékét a csoportosításhoz. A hozzájárulás mértékét a Wilks' Lambda, illetve a szignifikancia értéke fejezi ki. Azt tapasztaltam, hogy a Ba és a Co hozzájárulása nagyon alacsony, emiatt ezeket az elemeket szintén kivettem a csoportosítási modellből. A továbbiakban tehát az Al, B, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S, Sr, Cs, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb és Lu elemeket használtam az osztályozás során. A „loading plot” alapján (2. ábra) az látszik, hogy a leghatékonyabban az észak-alföldi régióból származó propoliszok különülnek el a többi régiótól, csak részben mutatnak átfedést a többivel, főleg az észak-magyarországi régióból származó propoliszokkal. A többi régió propoliszait ugyanakkor nem lehetett teljes mértékben

elkülöníteni egymástól. A dél-alföldi régióból származó minták szinte teljesen átfedésben vannak a közép-magyarországi és a közép-dunántúli propoliszokkal egyaránt. Kissé távolabb esnek ezektől a nyugat-dunántúli propoliszok. A dél-dunántúli és az észak-magyarországi minták szintén részben átfedésben vannak egymással a loading plot-on.

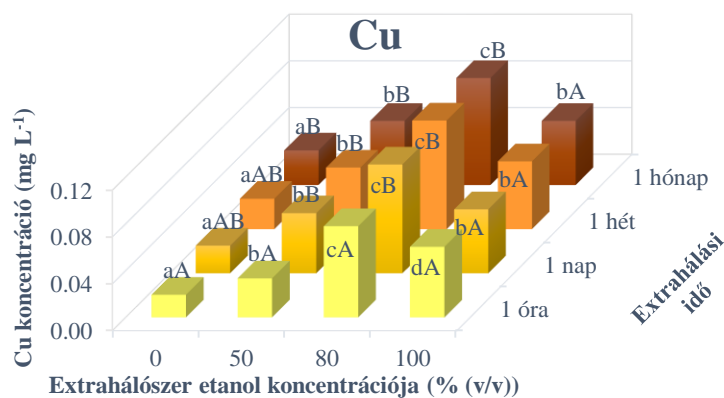
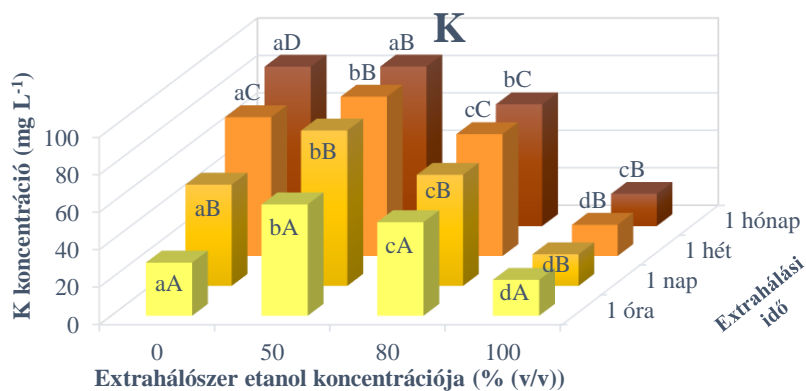
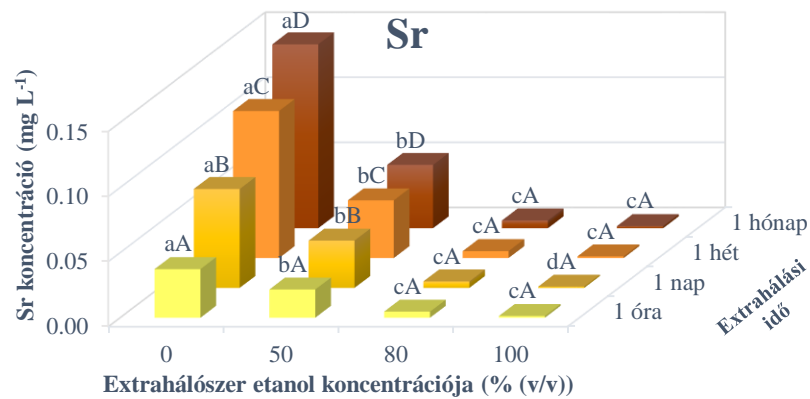
A csoportosítás számszerű eredményeit megfigyelve, az eredeti („Original”) osztályozás szerinti eredményekben azt tapasztaltam, hogy az észak-alföldi minták csoportosítása volt a leghatékonyabb. A propoliszok 96,3%-a valóban a megfelelő csoportba került („Predicted Group Membership”), azaz az osztályozásuk sikeres volt. A többi csoportba tartozó minta osztályozása már nem ilyen mértékben hatékony. A második legnagyobb mértékű egyezést a közép-magyarországi minták esetében tapasztaltam 80,0%-kal. A többi régióba tartozó propoliszok csoportosításának hatékonysága 64,7 és 78,1% közötti. Az osztályozás ellenőrzésére használható a keresztvalidálás („Cross-validation”). Az észak-alföldi régióhoz tartozó minták helyes osztályba sorolása a keresztvalidálás során 74,1%-ra csökkent, ami még mindig viszonylag magas. A többi kategóriában a helyes találatok aránya alacsonyabb, 44,7 és 72,0% közötti. Összességében az eredeti osztályozási módszer alapján a minták 75,4%-át tudta a modell megfelelően osztályozni, a keresztvalidálás alapján ez az arány 60,3%-ra csökkent.



2. ábra: A megfigyelések értéke (loading plot) a nyers propoliszok régiók szerinti csoportosítása során, lineáris diszkriminancia analízissel

3.3. A tinktúrakészítés hatása a propolisz tinktúrák összetételére

A propolisz tinktúrák vizsgálata kapcsán szerettem volna azt meghatározni, hogy a tinktúra elemösszetételét milyen módon befolyásolják az elkészítése során alkalmazott körülmények. A vizsgálatok során meghatároztam az egyes elemek koncentrációjának alakulását az extrakciós idő (1 óra, 1 nap, 1 hét és 1 hónap), a kivonó közeg minőségének (0, 50, 80 és 100% (v/v) etanol koncentráció) függvényében. A különböző összetételű extrahálóközegekben, valamint az extrakciós idő függvényében a kinyerhetőségük alapján a hasonlóan viselkedő elemeket 3 nagy csoportba (i, ii, iii) tudtam sorolni (Soós et al., 2019). Az **(i) csoportba** sorolt elemekről azt állapítottam meg, hogy vizes közegben drasztikusan nagyobb mértékben oldódtak ki, mint az etanolt tartalmazó kivonószerekben. Ez sok esetben azt eredményezte, hogy a 100 vagy akár a 80% (v/v)-os etanollal extrahálva a kimutatási határ alá került a koncentrációjuk. Ugyanakkor előfordult az is, hogy az 50 vagy a 0% (v/v)-os etanoltartalmú kivonatokban sem volt jelen mérhető koncentrációban az adott elem. Ide soroltam a Ba, Ca, Sr, Cd, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb és a Lu elemeket. A Ca, Sr és a Ba is az alkáliföldfémek közé tartozik, ami magyarázat lehet a hasonló viselkedésükre. Viszont annak ellenére, hogy a Mg is alkáliföldfém, nem az (i) csoportba sorolható. A Cd kivételével a további elemek a lantanoidák közé tartoznak, ami szintén összefügghet a hasonló viselkedésükkel. A **(ii) csoport** elemei, azaz a B, K, Mg, Na, P, S, Zn, Mn, Co és a Cs esetében azt tapasztaltam, hogy 1 hónapot követően szintén a vizes kivonatban voltak jelen a legmagasabb koncentrációban, emellett a kivonószert etanol koncentrációjának növelésével alacsonyabb volt a koncentrációjuk, viszont ez nem volt olyan nagymértékű vagy tendenciális, mint az (i) csoport esetében. Előfordult, hogy szignifikáns különbséget sem tudtam kimutatni 1 hónap után a 0 és 50% (v/v)-os etanol koncentrációjú kivonatok közt. Tehát ezen elemek koncentrációját elsősorban a 0 és 50% (v/v)-os etanollal végzett extrakció befolyásolja kedvezően, a 80% (v/v)-os, de főleg a 100% (v/v)-os etanollal kivitelezett extrahálás hatására alacsonyabb a kioldódásuk. Az ide tartozó elemekről megállapítható, hogy a Cs kivételével esszenciálisak az emberi szervezet számára. A **(iii) csoportba** sorolt elemek, azaz a Cu, Fe, V, Cr, Mo és az U közös tulajdonsága, hogy a vizes közegben oldódtak a legrosszabbul, ugyanakkor nem minden esetben nőtt egyenes arányban a kioldódásuk az etanol koncentrációjának növelésével. Többségében az volt jellemző rájuk, hogy a 80% (v/v)-os etanolban volt a legmagasabb mértékű a kioldódásuk, de az áztatási idő függvényében valamely esetben nem tudtam szignifikáns különbséget kimutatni az 50, 80 és 100% (v/v) etanol koncentrációjú kivonatok elemkoncentrációi között. Nem felelt meg teljes mértékben az említett csoportok kritériumainak, de az Al az (i), a Ni a (ii) csoport jellemzőihez állt közelebb. A 3 fő csoport elemeire 1-1 példát a 3. ábrán mutatok be.



3. ábra: A tinktúrákban mért Sr, K és Cu koncentrációk az extrahálási idő és a kivonóközeg etanol koncentrációjának függvényében. Az eltérő kisbetűk az eltérő kivonószerszel készült oldatok közötti szignifikáns különbséget ($p < 0,05$) mutatják. Az eltérő nagybetűk a szignifikáns eltérést ($p < 0,05$) jelzik az extrahálási idő függvényében.

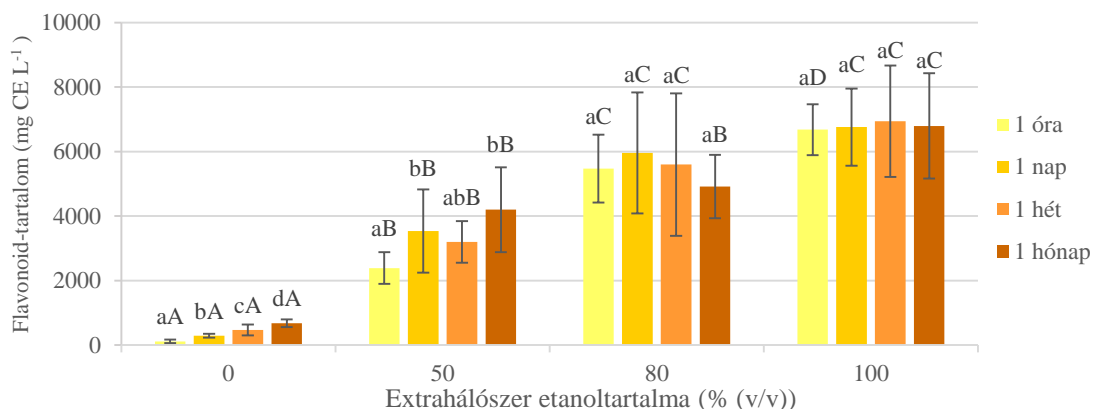
Az extrakciós idő függvényében a vizes kivonatok tekintve azt tapasztaltam, hogy a legtöbb (i) és (ii) csoportba sorolt elem koncentrációja jelentősen emelkedett. Ez a növekedés az 1 órás és az 1 hónapos extrakciót követő kivonatok összehasonlítása az (i) csoporton belül 2,78-5,40-szeres, míg a (ii) csoport elemkoncentrációinak növekedése 2,27-4,49-szeres. Ez alapján jelentős különbség van a legrövidebb és a leghosszabb extrakciós idő mellett elérhető elemkoncentrációk között. Ugyanakkor az 1 hetes és az 1 hónapos extrahálással készült

extraktum között a koncentráció növekedés mindössze 1,01-1,28-szoros az (i) csoport, illetve csak 1,10-1,28-szoros a (ii) csoport elemei tekintetében.

Különösen az etanoltartalmú kivonások esetében a kis koncentrációjú elemek koncentrációjának növekedése vagy csökkenése a legtöbb esetben nem szignifikáns. A lantanoidakon kívül az (i) csoport többi elemének a koncentrációja 1,28-2,57, illetve 0,90-1,73-szorosára változott 1 óra és 1 hónap, illetve 1 hét és 1 hónap között. A magasabb etanoltartalmú tinktúrákban a változás mértékét nem tudtam meghatározni, mert kimutatási határ alatt voltak az elemkoncentrációk, vagy a Ca, Sr és a Cd esetében az extrakciós idő függvényében nem volt szignifikáns különbség köztük. A (ii) csoportba sorolt elemek koncentrációja a Zn kivételével nőtt az etanoltartalmú tinktúrákban az idő függvényében. A növekedés mértéke 1,41-2,78 és 1,00-1,11-szoros az 50% (v/v)-os, 1,09-1,58 és 0,97-1,03-szoros a 80% (v/v)-os, míg 0,75-1,52 és 0,96-1,47-szoros a 100% (v/v)-os etanoltartalmú kivonatokban, 1 óra és 1 hét, valamint, 1 hét és 1 hónap extrakciós idő között. Ugyanakkor az említett elemeknél megfigyelhető, hogy a növekedés nem szignifikáns 1 hét, vagy akár 1 nap extrakciós idő után sem, az 50 és 80% (v/v)-os etanoltartalmú kivonatokban. Összességében elmondható, hogy a kivonószerek ez esetben kioldotta szinte az összes hozzáférhető elemet a nyers propoliszokból ezen idő alatt. Így az 50 és 80% (v/v)-os etanoltartalmú kivonatokban nem várható ezen elemek koncentrációjának változása 1 hét extrakció után. Azt is megfigyeltem, hogy a (iii) csoport elemeinek a koncentrációja jelentősen másként változott a 80 és 100% (v/v)-os etanollal készült kivonatokban az extrahálási idő függvényében. Eleinte esetleg kismértékű csökkenés tapasztalható, majd az értékek 1 nap után stagnáltak a 80 és 100% (v/v)-os etanol koncentrációjú tinktúrákban a Cu és a Cr elemeknél. Ezzel szemben jelentős csökkenést figyeltem meg a Fe, V, Mo és U elemeknél, ami az 1 órás és az 1 hetes extrakció között volt a legjelentősebb. Viszont 1 hét és 1 hónap extrakciós idő között egy kivétellel (Fe, 80 és 100% (v/v)) nem tapasztaltam szignifikáns változást (csökkenést) az elemkoncentrációkban.

Korábbi tanulmányok rávilágítanak, hogy a flavonoidok komplexeket képeznek bizonyos fémekkel, mint pl. a Fe^{2+} és a Cu^{2+} ionokkal (Havsteen, 2002). Mivel az elemtartalom és a flavonoid-tartalom összefüggést mutathat, ezért **meghatároztam a propolisz tinktúrákban a flavonoid-koncentrációt** is (Soós et al., 2018), melyet a 4. ábra mutat be.

A vizes kivonatban a legalacsonyabb a flavonoid-tartalom (≤ 679 mg CE L^{-1}), de szignifikánsan növekvő tendenciát mutat az extrahálási idő függvényében. Ettől nagyobb értékeket mértem az 50% (v/v)-os etanoltartalmú kivonatokban, ahol többnyire szignifikáns növekedést tapasztaltam az idő függvényében (2390-4200 mg CE L^{-1}).



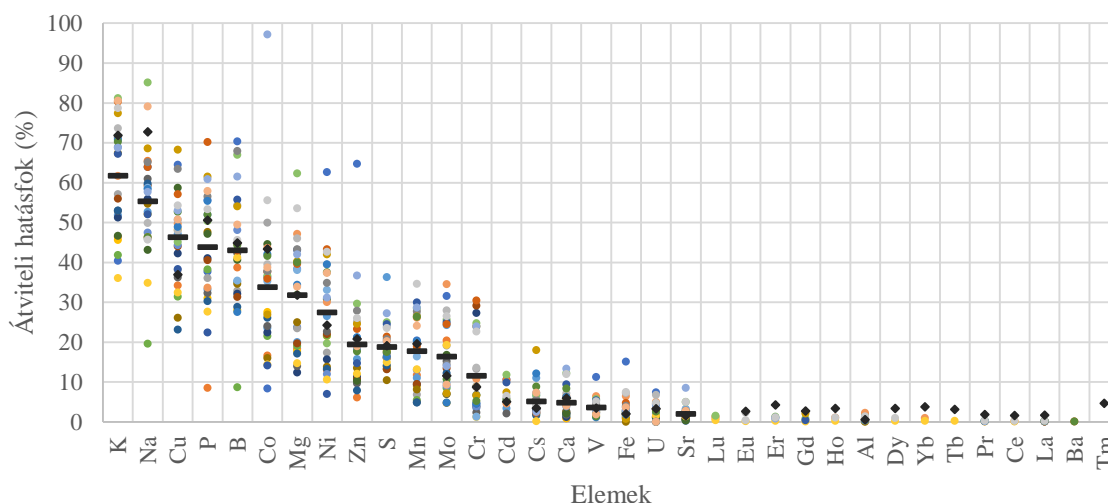
4. ábra: A propolisz tinktúrák flavonoid-tartalma az extrahálószer etanoltartalma és az extrahálási idő függvényében. Az eltérő nagybetűk a különböző kivonószerekkel készült oldatok közötti szignifikáns különbséget ($p < 0,05$) mutatják. Az eltérő a kisbetűk szignifikáns eltérést ($p < 0,05$) jelzik az extrahálási idő függvényében. Az oszlopokon lévő hibásáv a mérési bizonytalanságot ábrázolja.

A legmagasabb flavonoid-tartalmat a 100% (v/v)-os kivonatban kaptam, de a különbség sok esetben nem szignifikáns a 80% (v/v)-os etanol koncentrációjú kivonatokhoz viszonyítva, és az idő függvényében sem minden esetben tapasztaltam növekedést. A 80 és 100% (v/v)-os etanoltartalmú tinktúrákban a flavonoid-tartalom 4920-6940 mg CE L⁻¹ között változott.

Az elemek és a flavonoidok korrelációs kapcsolatát megvizsgálva mindössze a vizes kivonatban találtam hasonló tendenciát az (i) és (ii) csoport tagjaival. Az ide sorolt makroelemek és a flavonoidok koncentrációját tekintve az idő függvényében növekedést tapasztaltam a vizes kivonatokban, valamint az anyagmennyiség koncentrációjuk is közel állt egymáshoz. Azonban ez elsősorban annak tudható be, hogy az idő függvényében mind az elemek, mind a flavonoidok a koncentráció kiegyenlítésére törekedtek. Ebből arra következtettek, hogy az (i) és a (ii) csoportba sorolt elemek elsősorban nem a flavonoidokhoz kötődnek, hanem egyéb molekulákhoz kötötten vagy ionos formában lehetnek jelen a nyers propoliszban. Az előző két csoport elemeihez viszonyítva erősebb korrelációt fedeztem fel a (iii) csoport elemei és a flavonoidok között. Ugyanakkor az extrahálási idő és az extrahálószer összetételét tekintve nem volt olyan elem, ami minden körülmények között szignifikáns korrelációt mutatott volna a flavonoidok koncentrációjával, viszont a Fe, Cu, U és a Cr állt hozzá legközelebb. Az említett elemek moláris koncentrációja elenyésző a flavonoidok koncentrációjához képest. Ha komplexként jelen lennének a propoliszokban, a komplexek mennyisége elhanyagolható lenne a teljes flavonoid koncentrációhoz viszonyítva.

Az átviteli hatásfokot (TC) 27 véletlenszerűen kiválasztott nyers propolisz minta esetében ellenőriztem, illetve kiszámoltam a keverék propolisz esetében is. A tinktúrákészítési

gyakorlatban leggyakrabban alkalmazott elkészítési körülményekhez hasonlóan, 1 hétig, 80% (v/v)-os etanollal extraháltam őket. A kapott átviteli hatásfokokat az 5. ábra mutatja be.



5. ábra: Az elemek átviteli hatásfokának alakulása a nyers propoliszból a tinktúrába, 80% (v/v)-os etanollal végzett 1 hetes extrahálás után (n=27)

Az eredmények alapján az figyelhető meg, hogy az extrahálási idő és az extrahálószer összetételének vizsgálata alapján az (i) csoportba sorolt elemek – vagyis amelyek a vizes közegben oldódtak drasztikusan jobban – értelemszerűen alacsony átviteli hatásfokkal rendelkeznek a 80% (v/v)-os etanollal készült tinktúrában. A Ca és a Sr átoldódásának mértéke mindössze $4,81 \pm 3,60\%$, illetve $2,02 \pm 1,87\%$. A Cd a tinktúrák több mint felében kimutatási határ alatt volt jelen, így nem tudtam megadni sem az átlagát, sem a mediánt, de a legmagasabb érték is mindössze 11,8% volt. A Ba a 27 mintából mindössze 2-ben volt kimutatási határ fölött, de az átviteli hatásfoka itt sem éri el a 0,1%-ot. Hasonló a helyzet a ritkaföldfémeknél is, ahol a TC egyik esetben sem haladta meg a 2,35%-ot. A keverék propoliszban a TC a Cd, Ca és a Sr esetében hasonló mértékű, a Ba átviteli hatásfoka ugyancsak nem határozható meg, viszont a ritkaföldfémek a keverék mintából jellemzően nagyobb mértékben, 1,63-4,28% közötti arányban oldódtak át. A 27 minta egy részével ellentétben, a Lu nem volt mérhető a keverék propoliszból készült tinktúrákban, a Tm viszont a többi mintával szemben igen. Ennek ellenére a lantanoidáknál így is elhanyagolható, 5% alatti az átoldódás mértéke.

A (ii) csoportba sorolt elemeknél – vagyis amelyek jól oldódnak a vizes közegben, de közel hasonló mértékben oldódnak a 80% (v/v)-os etanolban – az átoldódás mértéke általában viszonylag magas. Növekvő sorrendben a Mn, S, Zn, Mg, Co, B, P, Na és a K elemek 17,8%, 18,8%, 19,4%, 31,8%, 33,8%, 43,1%, 43,8%, 55,3% és 61,8%-a jutott át átlagosan a nyers propoliszból a tinktúrába. Ennél alacsonyabb az átviteli hatásfoka a Cs-nak 5,13%-kal, amely az előzőekkel ellentétben nem esszenciális az emberi szervezet számára. A (ii) csoport elemei

mindegyik tinktúrában mérhető koncentrációban voltak jelen. Ugyan a legmagasabb átlagos átviteli hatásfoka a K-nak volt $61,8 \pm 13,7\%$ -kal, de az összes mintát figyelembe véve a legmagasabb átviteli hatásfokkal mégsem ez az elem rendelkezett, ugyanis a Na és a Co is megelőzi egy-egy esetben a legmagasabb K-ot. Előbbinek $85,1\%$, az utóbbi elemnek pedig $97,1\%$ a legmagasabb átviteli hatásfoka, míg a K legmagasabb TC értéke mindössze $81,2\%$. A keverék propoliszban jellemzően kissé magasabb átviteli hatásfokokat kaptam a 27 minta átlagos értékeihez hasonlítva, de ezek sem térnek el a jellemző tartományuktól. A legnagyobb eltérése a 27 mintában leírtakhoz képest a Na-nak volt, ahol az átlagos átviteli hatásfok $55,3\%$, míg a keverék propoliszból $72,7\%$ volt az átoldódás mértéke a 80% (v/v)-os etanollal készült tinktúrába. A Na a keverék propolisz esetében ezzel a legmagasabb átviteli hatásfokkal rendelkező elem a vizsgált elemek közül.

Annak ellenére, hogy a (iii) csoportra az volt jellemző, hogy nem a vizes, hanem a 80 vagy 100% (v/v)-os etanoltartalmú közegben oldódtak a legjobban, az esetek többségében mégis viszonylag alacsony volt a TC a nyers propoliszok és a 80% (v/v)-os etanoltartalmú tinktúrák között, 1 hét után. A (iii) csoport elemei közül a Cu rendelkezik a legnagyobb átviteli hatásfokkal, átlagosan $46,32 \pm 11,36\%$ -kal. A V, Cr és Mo elmarad ettől $3,63 \pm 2,10\%$, $11,54 \pm 9,40\%$ és $16,38 \pm 8,61\%$ értékkel. A többi ide sorolt elemet tekintve a Fe egy, az U hat tinktúrában volt kimutatási határ alatt, emiatt nem tudtam meghatározni a TC átlagos értékét, csak a mediánját ezekben az esetekben. Az utóbbi két elem átviteli hatásfokának mediánja $2,53\%$, illetve $2,59\%$ volt. A keverék propoliszból a tinktúrába az előbb bemutatott elemek átviteli hatásfoka jellemzően valamennyivel alacsonyabb, vagy hasonló volt. A Cu és a Mo átoldódásának mértéke csak $37,0\%$, illetve $11,6\%$, míg a többi elem esetében nem számottevő az eltérés, így hasonlóan tekinthető, mint a 27 minta alapján meghatározott átlagos átviteli hatásfok, vagy a medián.

Az említett csoportokba nem sorolt elemek közül az Al átviteli hatásfoka az (i) csoporthoz hasonlóan rendkívül alacsony, bármely mintából $2,25\%$, vagy az alatti, sőt egy tinktúrában kimutatási határ alatt volt jelen, a Ni TC-a pedig a (ii) csoportéhoz hasonló, átlagosan $27,4\%$.

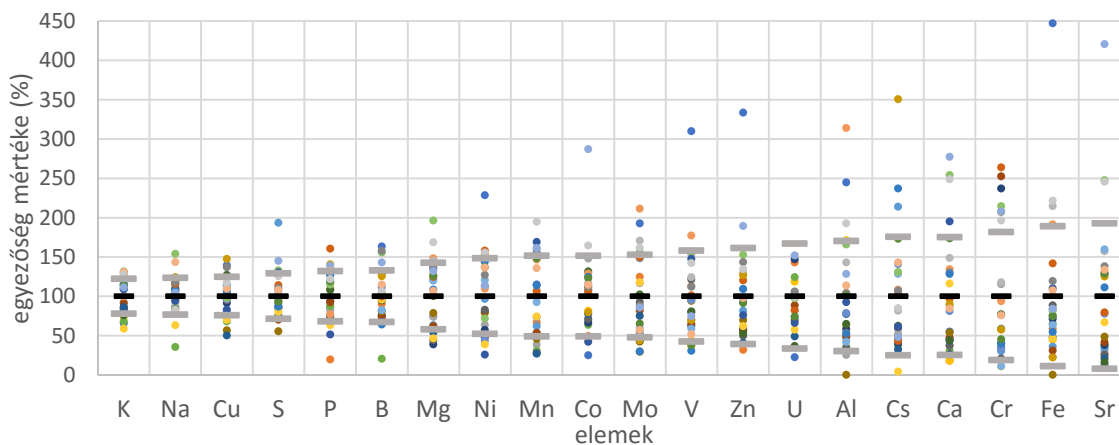
A tinktúrákban mért elemkoncentrációk alapján elmondható, hogy továbbra is az első helyet foglalja el a K, mind az átlag ($55,6 \pm 19,5 \text{ mg L}^{-1}$), mind a medián ($50,6 \text{ mg L}^{-1}$) tekintetében. Ezt a P, Mg és S követi, $12,4 \pm 7,0$, $5,30 \pm 2,10$, illetve $5,00 \pm 2,37 \text{ mg L}^{-1}$ átlagos koncentrációval. Sorban a Ca, Na és Zn következett, a medián és az átlag szerint egyaránt. Az ezt követő elemeknél előfordult, hogy legalább egy tinktúrában kimutatási határ alatti koncentrációban volt jelen az adott elem, így ez esetben az átlagot, illetve a szórást nem lehetett

számolni. Továbbá a nyers mintákhoz hasonlóan, a nem normál eloszlás szintén megfigyelhető volt, ami befolyásolhatta a sorrendet. Emiatt célszerű volt ebben az esetben is az átlag helyett a medián szerint sorba rendezni az elemeket.

A medián koncentrációját tekintve 0,1-1 mg L⁻¹ nagyságrendben mindössze a Fe és a B található. Továbbá 1-100 µg L⁻¹ közé tehető a Mn, Cu, Al, Ni, Cr, Co, Sr és a Mo mediánja. A lantanoidák koncentrációja legalább a minták felében kimutatási határ alá került, emiatt a mediánról is ugyanezt tudtam megállapítani, de a legnagyobb koncentráció tekintetében sem érték el a 60 ng L⁻¹ értéket. A 27 tinktúrában mért elemkoncentrációk alapján a következő sorrend állapítható meg az elemekre, a medián szerint sorba rendezve őket:

K>P>Mg>S>Ca>Na>Zn>Fe>B>Mn>Cu>Al>Ni>Cr>Co>Sr>Mo>V>Cs>U.

Kiszámoltam, hogy az átlagos átviteli hatások segítségével mennyire pontosan lehetne **meghatározni a nyers propolisz elemösszetételét**, a tinktúra elemösszetétele alapján. Itt nem vettem figyelembe az eltérő elkészítési módok hatását, hiszen mindegyik tinktúra ugyanazzal az elkészítési móddal (5 mL, 80% (v/v) etanoltartalmú extrahálószer, 1 hét extrakciós idő) készült. Mivel a 27 propolisz mintában tapasztalt átlagos átviteli hatások és ugyanezen minták elemösszetétele alapján számoltam ki a nyers propoliszok becsült elemösszetételét, ezért a tényleges koncentrációjukhoz képest a becsült egyezés mértékének átlaga minden esetben 100%. A hiba mértékét az ettől való eltéréssel (a szórással) lehetett leginkább jellemezni. A legpontosabban, vagyis a legkisebb mértékű hibával a K koncentrációjára lehet következtetni, ahol a hiba szórásának mértéke 22,2%. A Na és a Cu elemeknél a becslés hatékonyságának szórása ±23,5 és ±24,5% lenne. 25-40% közötti szórással jósolható a S, P és a B koncentrációja a nyers propoliszban. Viszonylag jelentős, 40-60% között lenne a hiba szórásának mértéke a Mg, Ni, Mn, Co, Mo és V elemeknél. A többi elemnél ennél magasabb a hiba nagysága.



6. ábra: A nyers propolisz elemösszetételének becslése a tinktúra (5 mL, 80% (v/v) etanoltartalmú extrahálószer, 1 hét extrakciós idő) elemtartalma alapján

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Meghatároztam az egyes analitikai teljesítményjellemzőit a kis mennyiségű minták elemtartalmi mérésére alkalmas módszernek, melyet a vizsgálataim során használtam. A mintaelőkészítés mikrohullámú roncsolásos előkészítéssel, az elemtartalmi meghatározás pedig ICP-OES és ICP-MS méréstechnikákkal történt. Bizonyítottam, hogy a módszer alkalmas a nyers propoliszokból 35 elem koncentrációjának analízisére.
2. Összesen 252 magyarországi nyers propoliszt elemezve létrehoztam egy elemtartalmi adatbázist 36 elemre vonatkozóan, mely reprezentatív módon tükrözi a hazai propoliszok elemösszetételét. Magyar propoliszokról eddig nem állt rendelkezésre ilyen jellegű adatbázis, sőt világszinten sincs egy országból ekkora számú propolisz mintára vonatkozó, és ilyen sok elemre kiterjedő elemtartalmi eredmény.
3. A propoliszokat a hét magyarországi régió szerint csoportosítva bizonyítottam, hogy az elemtartalom szerint végzett eredetazonosítás részben alkalmas az említett régióból származó nyers propoliszok eredetének igazolására. Lineáris diszkriminancia analízissel a minták 75,4%-át tudta a csoportosítási modell megfelelően osztályozni, a keresztvalidálás alapján ez az arány 60,3%-ra csökkent.
4. Az eltérő körülmények között (0, 50, 80 és 100% (v/v)-os etanoltartalmú extrahálószerrel, 1 óra, 1 nap, 1 hét és 1 hónap időtartamig) készített tinktúrák elemösszetételét értékelve bizonyítottam, hogy a meghatározott elemek három eltérően viselkedő csoportba sorolhatóak. Az (i) csoportba sorolt elemek drasztikusan jobban oldódnak a vizes közegben, a (ii) csoportba sorolt elemek a vizes közeg mellett az 50% (v/v)-os etanolban is hasonlóan jól extrahálhatóak, míg a (iii) csoport elemei általában a 80%-(v/v)-os etanollal nyerhetők ki leginkább.
5. A tinktúrákat különböző ideig extrahálva (1 óra, 1 nap, 1 hét és 1 hónap) megállapítottam, hogy az etanoltartalmú kivonószerekkel extrahálva (50, 80 és 100% (v/v)) 1 hét után többnyire nem tapasztalható szignifikáns változás a vizsgált elemek koncentrációját tekintve. Ez alapján a legtöbb ajánlásban alkalmazott néhány hetes extrakció állandó elemkoncentrációt eredményez az extrahálási idő tekintetében.

6. Magyarországi propoliszokat elemezve bizonyítottam, hogy az elemek rendkívül változó átviteli hatásokkal rendelkeznek a nyers propoliszból a tinktúrába, 1 hét extrakciós idő esetében, 80% (v/v)-os etanollal extrahálva. Az átlagos átviteli hatásfokot tekintve ez a következő sorrendben alakul: K>Na>Cu>P>B>Co>Mg>Ni>Mn>Zn>S>Mo>Cr>Ca>Cs>V>Fe>Sr>U>Al. A Cd, a Ba és a lantanoidák átviteli hatásfoka legalább a minták felében nem volt meghatározható.

7. A propolisz tinktúrák földrajzi eredetének azonosítását vizsgálva arra jutottam, hogy ez nem végezhető el kizárólag az elemösszetétel alapján. Ugyan az extrahálás során 1 hét után időben állandó összetétel alakul ki, de az elemösszetételt drasztikusan meghatározza az extraháláshoz használt etanol koncentrációja, illetve a térfogata. Ugyanolyan körülmények között végzett extrahálás esetén is magas hibával becsülhető az eredeti nyers propolisz elemösszetétele.

5. GYAKORLATBAN HASZNOSÍTHATÓ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A mintaelőkészítési és mérési módszer egyes analitikai jellemzőit leírtam, ami kedvező analitikai mutatókkal rendelkezett a propoliszok vagy tinktúrák elemzésére. Ugyanakkor más növényi vagy állati eredetű, kis mintamennyiségű minta elemtartalom meghatározására is alkalmazható lehet ez a mintaelőkészítés. Felhasználható pl. klinikai jellegű minták előkészítésére, melyeknél gyakran fennáll az a probléma, hogy korlátozott a rendelkezésre álló mintamennyiség.
2. Elemtartalmi eredmények alapján igazoltam, hogy a nyers propoliszok eredetazonosítása magyarországi minták esetében részben lehetséges azok elemtartalmi összetétele alapján. Ez azért jelentős, mert a földrajzi eredete befolyásolhatja a propolisz élettani hatásait. Az elemtartalmi vizsgálatok pedig egy lehetséges azonosítási módot jelenthetnek a származás igazolására.
3. Bizonyítottam, hogy a nyers propoliszból az esszenciális elemek jelentős része (B, K, Mg, Na, P, S, Zn, Mn és Co) a vizes és az 50% (v/v)-os etanol koncentrációjú extraháló közegbe oldódik át a leghatékonyabban, de 80% (v/v)-os etanolt alkalmazva is jelentős az átvitel. Ugyanakkor néhány toxikus elem, mint pl. a Cd vagy az Al átviteli hatásfoka alacsony ilyen körülmények között. Mivel a tinktúrakészítésnél általában 80% (v/v)-os etanolt alkalmaznak, a tinktúra elemösszetétele szempontjából ez kedvező az emberi egészségre nézve.

6. IRODALOMJEGYZÉK

- Anjum, S.I. – Ullah, A. – Khan, K.A. – Attaullah, M. – Khan, H. – Ali, H. – Bashir, M.A. – Tahir, M. – Ansari, M.J. – Ghramh, H.A. – Adgaba, N. – Dash, C.K.: 2018. Composition and functional properties of propolis (bee glue): a review. *Saudi Journal of Biological Sciences*. In press.
- Bankova, V. – De Castro, S. – Marcucci, M.: 2000. Propolis: recent advances in chemistry and plant origin. *Apidologie*. 31. (1): 3-15.
- Bonvehí, J.S. – Bermejo, F.O.: 2013. Element content of propolis collected from different areas of South Spain. *Environmental Monitoring and Assessment*. 185. 6035-6047.
- Cantarelli, M.Á, Camiña, J.M. – Pettenati, E.M. – Marchevsky, E.J. – Pellerano, R.G.: 2011. Trace mineral content of Argentinean raw propolis by neutron activation analysis (NAA): Assessment of geographical provenance by chemometrics. *LWT – Food Science and Technology*. 44. 256-260.
- Cvek, J. – Medić-Šarić, M. – Vitali, D. – Vedrina-Dragojević, I. – Šmit, Z. – Tomić, S.: 2008. The content of essential and toxic elements in Croatian propolis samples and their tinctures. *Journal of Apicultural Research*. 47. (1): 35-45.
- De Groot, A.C. – Popova, M.P. – Bankova, V.S.: 2014. An update on the constituents of poplar-type propolis. Wapserveen, The Netherlands: acdegroot publishing. 11.
- Gong, S. – Luo, L. – Gong, W. – Gao, Y. – Xie, M.: 2012. Multivariate analyses of element concentrations revealed the groupings of propolis from different regions in China. *Food Chemistry*. 134. 583-588.
- Havsteen, B.H.: 2002. The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacology and Therapeutics*. 96, (2-3): 67-202.
- Singleton, V.L. – Orthofer, R. – Lamuela-Raventós, R.M.: 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*. 299. 152-178.
- Soós Á. – Tóth N. – Bódi É. – Várallyay Sz. – Molnár Sz. – Kovács B.: 2018. The effect of the preparation method on the physical and chemical characteristics of propolis tinctures. *Acta Agraria Debreceniensis*. 74. 163-168.
- Soós Á. – Bódi É. – Várallyay Sz. – Molnár Sz. – Kovács B.: 2019. Mineral content of propolis tinctures in relation to the extraction time and the ethanol content of the extraction solvent. *LWT – Food Science and Technology*. 111. 719-726
- Zhishen, J. – Mengcheng, T. – Jianming, W.: 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*. 64. (4): 555-559.



Nyilvántartási szám: DEENK/29/2020.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Soós Áron
Neptun kód: DBIVSW
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10055249

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (4)

1. **Soós, Á.**, Reichenbach, R., Várallyay, S., Bódi, É., Kovács, B.: Pest, Zala és Bács-Kiskun megyékből származó propolisz minták elemtartalmi összetétele.
Agrártud. Közl. 72, 149-153, 2017. ISSN: 1587-1282.
2. **Soós, Á.**, Várallyay, S., Kovács, B.: Hazai kékfrankos borok toxikus elem koncentrációja.
Agrártud. Közl. 68, 87-90, 2016. ISSN: 1587-1282.
3. **Soós, Á.**, Andrási, D., Kovács, B.: Folyékony élelmiszerminták destruktív minta-előkészítést nem igénylő nyomelemtartalom-meghatározási lehetőségei induktív csatolású plazma tömegspektrométerrel.
Élelmvizsg. Közl. 60 (2), 178-189, 2014. ISSN: 0422-9576.
4. **Soós, Á.**, Andrási, D., Kovács, B.: Belső sztenderdek alkalmazhatósága élelmiszerek induktív csatolású plazma tömegspektrometriás mikroelem-tartalmának vizsgálatában.
Élelmvizsg. Közl. 59 (3), 106-119, 2013. ISSN: 0422-9576.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

5. **Soós, Á.**, Tóth, N., Bódi, É., Várallyay, S., Molnár, S., Kovács, B.: The effect of the preparation method on the physical and chemical characteristics of propolis tinctures.
Agrártud. Közl. 74, 163-168, 2018. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.34101/actaagrar/74/1683>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

6. **Soós, Á.**, Bódi, É., Várallyay, S., Molnár, S., Kovács, B.: Mineral content of propolis tinctures in relation to the extraction time and the ethanol content of the extraction solvent.
LWT-Food Sci. Technol. 111, 719-726, 2019. ISSN: 0023-6438.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.090>
IF: 3.714 (2018)





Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

7. **Soós, Á.**, Reichenbach, R., Várallyay, S., Bódi, É., Molnár, S., Kovács, B.: Kis mennyiségű propolisz minták előkészítése és mérése ICP-OES és ICP-MS technikákkal.
In: Magyar Spektrokémia vándorgyűlés és XIII. Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Konferencia. Debrecen, 2017. 08. 23-25 : Program és előadás összefoglalók, [Debreceni Egyetem], [Debrecen], 113-116, 2017.

Idegen nyelvű konferencia közlemények (1)

8. **Soós, Á.**, Andrási, D., Kovács, B.: Evaluation of internal standards and calibration methods in measurement of micro-elements in wines with direct analysis by ICP-MS.
In: 28th ISMAS Symposium cum Workshop on Mass Spectrometry. Ed.: S. K. Aggarwal, P. G. Jaison, Arnab Sarkar, Prudent Arts & FAb Private Limited, Mumbai, 208-211, 2014. ISBN: 9788190444262

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (3)

9. **Soós, Á.**, Andrási, D., Kovács, B.: Mátrixillesztés és belső standard vizsgálat a borok direkt mintabevitelű mikroelem-tartalom meghatározására, induktív csatolású plazma tömegspektrométerrel.
In: XXXVI. Kémiai Előadói Napok: Program és előadás-összefoglalók. Szerk.: Endrődi Balázs, Laufer Noémi, JATEPress - Szegedi Egyetemi Kiadó, Szeged, 58-59, 2013. ISBN: 9789633151457
10. **Soós, Á.**, Andrási, D., Kovács, B.: Mikroelemtartalom-meghatározási módszer kidolgozása borra, direkt mintabevitel esetén, multielemes ICP-MS mérésnél. Utánközlés párhuzamos közlés,
In: XI. Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Konferencia. Program és előadás-összefoglalók. Szerk.: Princz Péter, Magyar Kémikusok Egyesülete, Hajdúszoboszló, 57, 2013. ISBN: 9789639970403
11. **Soós, Á.**, Andrási, D., Kovács, B.: Mikroelemtartalom-meghatározási módszer kidolgozása borra, direkt mintabevitel esetén, multielemes ICP-MS mérésnél.
In: A Magyar Szabadgyök-Kutató Társaság VII. Konferenciája, Magyar Szabadgyök-Kutató Társaság, Debrecen, 35, 2013.

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (5)

12. **Soós, Á.**, Bódi, É., Várallyay, S., Molnár, S., Kovács, B.: The Element Content of Propolis Tinctures by the Volume of the Extraction Solvent.
In: FSD 2018 3rd Food Structure & Design Conference : Abstract Book. Ed.: Zoltán Győri, Debreceni Egyetem, Debrecen, 41, 2018. ISBN: 9789634900245





13. **Soós, Á.**, Bódi, É., Várallyay, S., Szegő, R., Molnár, S., Kovács, B.: Transfer Coefficient of Minerals from Raw Propolis to Their Tinctures.
In: Scientific researches in food production, University of Debrecen - Proceedings of abstracts. Ed.: Béla Kovács, Nikolett Czipa, Ferenc Peles, Éva Bacskainé Bódi, Andrea Kántor, Flóra Mária Szabóné Petróczi, Loránd Alexa, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, 27, 2018. ISBN: 9789634900412
14. **Soós, Á.**, Bodnár, S., Czipa, N., Kovács, B.: Evaluation of Sample Preparation Techniques for the Measurement of Honey by ICP-MS.
In: Meeting of Young Researchers from V4 Countries : Book of abstracts. Ed.: Monika Wesowska, University of Rzeszow, Rzeszow, 77, 2016.
15. **Soós, Á.**: Elemental analysis of wines by ICP-MS.
In: International Conference for Students : Students in Bucovina Abstracts, Faculty of Food Engineering, Stefan cel Mare University of Suceava, Suceava, Románia, 156, 2015, (ISSN 2068-7648)
16. András, D., **Soós, Á.**, Fekete, I., Kovács, B.: Method development for direct wine analysis by inductively coupled plasma mass spectrometry.
In: EuroFoodChem : Book of abstracts. Ed.: Hamit Köksel, Hacettepe University, Food Engineering Department, Isztambul, 315, 2013. ISBN: 9786056393501

További közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (7)

17. Várallyay, S., Veres, S., Bódi, É., **Soós, Á.**, Kovács, B.: Arzénterhelés hatásvizsgálata a napraforgó fejlődésének korai stádiumában.
Növénytermelés. 67 (3), 95-114, 2018. ISSN: 0546-8191.
18. Várallyay, S., Veres, S., Bódi, É., **Soós, Á.**, Kovács, B.: Elterő arzénformák hatása a fejlődés korai stádiumában lévő napraforgó növény (*Helianthus annuus* L.) szárazanyag produktumára, valamint foszfor-, kén- és mikroelem-koncentrációjára.
Növénytermelés. 67 (2), 57-73, 2018. ISSN: 0546-8191.
19. Várallyay, S., Balláné Kovács, A., **Soós, Á.**, Kovács, B.: Arzénnal szennyezett talajon termesztett zöldborsó élelmiszer- és takarmánybiztonsági megítélése.
Élelmvizsg. Közl. 63 (3), 1661-1670, 2017. ISSN: 0422-9576.
20. Papp-Topa, E. A., Nyeste, E., **Soós, Á.**, Bódi, É., Várallyay, S., Czipa, N., Kovács, B.: Egy rektori elképzelés továbbgondolása: egy induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométer optimalálása.
Növénytermelés. 66 (3), 75-94, 2017. ISSN: 0546-8191.





21. Várallyay, S., Balláné Kovács, A., **Soós, Á.**, Kovács, B.: Élelmiszeripari felhasználásra szánt zöldborsó ásványi anyag összetételének vizsgálata növekvő koncentrációjú arzénkezelések függvényében.
Agrártud. Közl. 72, 203-208, 2017. ISSN: 1587-1282.
22. Várallyay, S., Balláné Kovács, A., **Soós, Á.**, Kovács, B.: Arzénkezelés hatása zöldborsó (*Pisum sativum* L.) arzén- és foszforkoncentrációjára, valamint szárazanyag-produktumára.
Agrokém. Talajt. 65 (2), 275-295, 2016. ISSN: 0002-1873.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/0088.2016.65.2.7>
23. Várallyay, S., Szilva, D., **Soós, Á.**, Kovács, B.: Talaj- és növényminta arzéntartalmának meghatározására irányuló minta-előkészítési módszerek összehasonlító vizsgálata.
Agrártud. Közl. 69, 167-170, 2016. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (7)

24. Both, E. B., Stonehouse, G. C., Lima, L. W., Fakra, S. C., Aguirre, B., Wangeline, A. L., Xiang, J., Yin, H., Jókai, Z., **Soós, Á.**, Dernovics, M., Pilon-Smits, E. A. H.: Selenium tolerance, accumulation, localization and speciation in a Cardamine hyperaccumulator and a non-hyperaccumulator.
Sci. Total Environ. 703, 1-12, 2020. ISSN: 0048-9697.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135041>
IF: 5.589 (2018)
25. Kolláth, I. S., Molnár, Á. P., **Soós, Á.**, Fekete, E., Sándor, E., Kovács, B., Kubicek, C. P., Karaffa, L.: Manganese Deficiency Is Required for High Itaconic Acid Production From D-Xylose in *Aspergillus terreus*.
Front. Microbiol. 10, 1-10, 2019. EISSN: 1664-302X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2019.01589>
IF: 4.259 (2018)
26. Sumanszki, C., Kiss, E., Simon, E., Galgóczi, E., **Soós, Á.**, Patócs, A., Kovács, B., Nagy, E. V., Reismann, P.: The Association of Therapy Adherence and Thyroid Function in Adult Patients with Phenylketonuria.
Ann. Nutr. Metab. 75 (1), 16-23, 2019. ISSN: 0250-6807.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1159/000501301>
IF: 3.051 (2018)
27. Molnár, Á. P., Németh, Z., Kolláth, I. S., Fekete, E., Flippin, M., Ág, N., **Soós, Á.**, Kovács, B., Sándor, E., Kubicek, C. P., Karaffa, L.: High oxygen tension increases itaconic acid accumulation, glucose consumption, and the expression and activity of alternative oxidase in *Aspergillus terreus*.
Appl. Microbiol. Biotechnol. 102 (20), 8799-8808, 2018. ISSN: 0175-7598.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-018-9325-6>
IF: 3.67





28. Várallyay, S., Balláné Kovács, A., **Soós, Á.**, Kovács, B.: Effect of different arsenic-treatments on the dry weight of vegetative plant parts of green pea in the different phenophase of the plant development.
Annals of Academy of Romanian Scientists Series on Agriculture, Silviculture and Veterinary Medicine Sciences. 6 (1), 144-151, 2017. ISSN: 2069-1149.
29. Bódi, É., Várallyay, S., **Soós, Á.**, Kovács, B.: Effect of molybdenum treatments on growth and molybdenum uptake of green pea.
Annals of Academy of Romanian Scientists Series on Agriculture, Silviculture and Veterinary Medicine Sciences. 6 (1), 130-135, 2017. ISSN: 2069-1149.
30. Garousi, F., Domokos-Szabolcsy, É., Jánószky, M., Balláné Kovács, A., Veres, S., **Soós, Á.**, Kovács, B.: Selenoamino acid-enriched green pea as a value-added plant protein source for humans and livestock.
Plant Food Hum. Nutr. 72 (1), 168-175, 2017. ISSN: 0921-9668.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11130-017-0606-5>
IF: 2.465

Magyar nyelvű konferencia közlemények (5)

31. Posta, J., Nagy, D., Csámer, Á., **Soós, Á.**, Nyeste, E., Kovács, B.: A kabai meteorit elemanalitikai vizsgálata.
In: Átfogó kutatások a kabai meteoriton : a kabai meteorit hullásának 160. évében rendezett nemzetközi konferencia előadásai : 2017. november 8. Református Kollégium, Debrecen.
Szerk.: Nagy Mihály, Rózsa Péter, McIntosh Richard William, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 159-168, 2018, (Acta geographica ac geologica et meteorologica Debrecina. Acta Geoscientia Debrecina, ISSN 1788-4497 ; 1. különszám) ISBN: 9789633180532
32. Papp-Topa, E. A., Nyeste, E., **Soós, Á.**, Kovács, B.: Thermo iCAP 6300 ICP-OE spektrométer optimalizálása.
In: 60. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés és XIII. Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Konferencia : Program és előadás összefoglalók / Mihucz Viktor Gábor, Debreceni Egyetem, Debrecen, 53-57, 2017. ISBN: 9789639970779
33. Novák, A., **Soós, Á.**, Nagy, É., Kovács, B., Czipa, N.: Gyógynövény kivonatos méhkészítmények mikroelem tartalmának vizsgálata.
In: XXXVI. Óvári Tudományos Nap - Hagyomány és innováció az agrár- és élelmiszergazdaságban: Tudományos Nap Összefoglalók. Szerk.: Bali Papp Ágnes, Szálka Éva, Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár, 125-133, 2016. ISBN: 9786155391798





34. Novák, A., **Soós, Á.**, Kovács, B., Czipa, N.: Mézek és gyógynövény kivonatos méhkészítmények makroelemtartalmának vizsgálata.

In: Óshonos- és tájfajták, ökotermékek, egészséges táplálkozás, vidékfejlesztés : a XXI. század mezőgazdasági stratégiái : tudományos konferencia, Nyíregyháza. Szerk.: Tóth Csilla, Nyíregyházi Egyetem Műszaki és Agrártudományi Intézet, Nyíregyháza, 279-285, 2016. ISBN: 9786155545696

35. Várallyay, S., Veres, S., **Soós, Á.**, Bódi, É., Kovács, B.: Arzén kezelés hatása kukorica növény tápanyagfelvételére rhizoboxos nevelési körülmények között.

In: Georgikon Napok konferenciakötet : 2015-ös előadások, Pannon Egyetem, [Keszthely], 458-464, 2015. ISBN: 9789639639829

Idegen nyelvű konferencia közlemények (2)

36. Diósi, G., **Soós, Á.**, Sipos, P.: Mineral element composition of grain.

In: Integration of science in food chain : Book of proceedings. Ed.: Tekla Engelhardt, István Dalmadi, László Baranyai, Csilla Mohácsi-Farkas, Faculty of Food Science, Corvinus University, Budapest, 61-64, 2015. ISBN: 9789635036035

37. Kovács, B., Bódi, É., **Soós, Á.**, András, D.: Application of ICP-MS in various fields of research.

In: 28th Indian Society for Mass Spectrometry Symposium cum Workshop on Mass Spectrometry. Ed.: Suresh K. Aggarwal, P. G. Jaison, Arnab Sarkar, Prudent Arts & FAB Private Limited, Mumbai, 69-80, 2014. ISBN: 9788190444262

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (6)

38. Posta, J., Nagy, D., **Soós, Á.**, Kovács, B.: A kabai meteorit elemanalitikai vizsgálata.

In: Átfogó kutatások a kabai meteoriton, Debreceni Református Kollégium, Debrecen, 15, 2017.

39. Várallyay, S., Balláné Kovács, A., **Soós, Á.**, Kovács, B.: Arzénkezelés hatása a zöldborsó kén, magnézium, valamint vas felvételére.

In: Magyar Spektrokémia vándorgyűlés és XIII. Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Konferencia. Debrecen, 2017. 08. 23-25 : Program és előadás összefoglalók, [Debreceni Egyetem], [Debrecen], 150-153, 2017.

40. Bódi, É., Várallyay, S., **Soós, Á.**, Kovács, B.: Molibdén kezelés hatása a zöldborsó makroelem felvételére.

In: Magyar Spektrokémia vándorgyűlés és XIII. Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Konferencia. Debrecen, 2017. 08. 23-25 : Program és előadás összefoglalók, [Debreceni Egyetem], [Debrecen], 147-149, 2017.





41. Várallyay, S., Veres, S., **Soós, Á.**, Bódi, É., Kovács, B.: Arzén kezelés hatása kukorica növény tápanyagfelvételére rhizoboxos nevelési körülmények között.
In: LVII. Georgikon Napok = 57th Georgikon Scientific Conference : Kivonat-kötet : Programfüzet, valamint az elhangzó és poszter előadások rövid kivonatainak gyűjteménye : [agrárgazdaság a növekedéskor után] : [2015. október 1-2., Keszthely]. Szerk.: Nagy Zita Barabara, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 123, 2015. ISBN: 9789639639812
42. Várallyay, S., Andrási, D., **Soós, Á.**, Kovács, B.: Mintaelőkészítési módszerek összehasonlítása tejminta elemtartalom vizsgálatára.
In: XI. Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Konferencia : Program és Előadás Összefoglalók, KAT13, Hajdúszoboszló, 93, 2013.
43. **Soós, Á.**: Mikroelemtartalom-mérési módszer kidolgozása borra, direkt mintabevitel esetén, multielemes ICP-MS mérésnél.
In: Kari Tudományos Diákköri Konferencia. Kiadta: a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Tudományos Diákköri Tanács, Debreceni Egyetem Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi És Környezetgazdálkodási Kar Tudományos Diákköri Tanács, Debrecen, 42, 2012.

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (16)

44. Sumanski, C., Kiss, E., Simon, E., Galgóczi, E., **Soós, Á.**, Patócs, A., Kovács, B., Nagy, E. V., Reismann, P.: Iodine and selenium status in adult PKU.
Endocrine Abstracts. 63, P781, 2019. ISSN: 1470-3947.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1530/endoabs.63.P781>
45. Karaffa, L., Molnár, Á. P., Kolláth, I. S., Kovács, B., **Soós, Á.**, Kubicek, C. P., Fekete, E.:
Aspergillus terreus itaconic acid fermentation technology reflects the physiological requirements of overflow metabolism.
In: 11th International Mycological Congress: Mycological Discoveries for a Better World : Abstract Book, Ana G. Méndez University, San Juan, Puerto Rico, 355-356, 2018.
46. Bódi, É., Várallyay, S., **Soós, Á.**, Kovács, B.: Changes of Microelement Content Of Green Pea and Maize by Molybdenum Enrichment.
In: FSD 2018 3rd Food Structure & Design Conference : Abstract Book. Ed.: Zoltán Győri, Debreceni Egyetem, Debrecen, 46-47, 2018. ISBN: 9789634900245
47. Kolláth, I. S., Fekete, E., Sándor, E., **Soós, Á.**, Kovács, B., Karaffa, L.: Effect of copper (II) ions on itaconic acid production by Aspergillus terreus.
In: VII. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia 2018 absztraktkötet. Szerk.: Bódog Ferenc, Pécsi Tudományegyetem Doktorandusz Önkormányzat, Pécs, 74, 2018. ISBN: 9789634292104





48. Bódi, É., Balláné Kovács, A., Várallyay, S., **Soós, Á.**, Kovács, B.: Growth of Green Pea by Effect of Molybdenum Treatments at Different Developmental Stages.
In: Scientific researches in food production, University of Debrecen - Proceedings of abstracts. Ed.: Béla Kovács, Nikolett Cziba, Ferenc Peles, Éva Bacskainé Bódi, Andrea Kántor, Flóra Mária Szabóné Petróczi, Loránd Alexa, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, 17, 2018. ISBN: 9789634900412
49. Kovács, B., Nagy, K., Lévai, L., Várallyay, S., **Soós, Á.**, Papp-Topa, E. A., Bódi, É.: The Effect of Selenium Treatment on Maize and Sunflower Plants in Nutrient Solution and Soil-Plant System.
In: FSD 2018 3rd Food Structure & Design Conference : Abstract Book. Ed.: Zoltán Györi, Debreceni Egyetem, Debrecen, 38-39, 2018. ISBN: 9789634900245
50. Várallyay, S., Veres, S., Bódi, É., **Soós, Á.**, Papp-Topa, E. A., Kovács, B.: Effect of Arsenic on the Growing Parameters of Sunflower Seedlings.
In: Scientific researches in food production, FBFS, SUA in Nitra - Proceedings of abstracts. Ed.: Miroslava Kačániová, Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra, 40, 2017. ISBN: 9788055217369
51. Várallyay, S., Veres, S., Bódi, É., **Soós, Á.**, Papp-Topa, E. A., Kovács, B.: Effect of Inorganic Arsenic forms on the Uptake of Boron and Calcium by Sunflower Seedlings.
In: Scientific researches in food production, FBFS, SUA in Nitra - Proceedings of abstracts. Ed.: Miroslava Kačániová, Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra, 41, 2017. ISBN: 9788055217369
52. Bódi, É., Várallyay, S., **Soós, Á.**, Papp-Topa, E. A., Kovács, B.: Examination of the Molybdenum Uptake of the Green Pea at Different Developmental Stages.
In: Scientific researches in food production, FBFS, SUA in Nitra - Proceedings of abstracts. Ed.: Miroslava Kačániová, Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra, 19, 2017. ISBN: 9788055217369
53. Papp-Topa, E. A., Nyeste, E., **Soós, Á.**, Bódi, É., Várallyay, S., Kiss, D., Kovács, B.: Optimization of Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer.
In: Scientific researches in food production, FBFS, SUA in Nitra - Proceedings of abstracts. Ed.: Miroslava Kačániová, Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra, 12, 2017. ISBN: 9788055217369
54. Kolláth, I. S., Molnár, Á. P., Fekete, E., Sándor, E., **Soós, Á.**, Kovács, B., Kubicek, C. P., Karaffa, L.: Production of itaconic acid from D-xylose by *Aspergillus terreus*. Utánközlés párhuzamos közlés,
In: 2nd Symposium on Plant Biomass Conversation by Fungi, Westerdijk Fungal Biodiversity Institute, Utrecht, Hollandia, 25, 2017.





55. Kolláth, I. S., Molnár, Á. P., Fekete, E., Sándor, E., **Soós, Á.**, Kovács, B., Kubicek, C. P., Karaffa, L.: Production of itaconic acid from D-xylose by *Aspergillus terreus*.
In: Abstracts of the 5th Central European Forum for Microbiology. Ed.: K. Márialigeti, O. Dobay, Akadémiai Kiadó, Budapest, 136, 2017, (Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica, ISSN 1217-8950 ; 64. (Suppl))
56. Várallyay, S., Veres, S., **Soós, Á.**, Bódi, É., Kovács, B.: Effect of different arsenic treatments on the uptake of Ca, K, S, P and Mg by maize seedlings.
In: 1st Meeting of Young Researchers from V4 Countries. Book of Abstract. Ed.: Monika Wesolowska, University of Rzeszow, Rzeszow, 90, 2016.
57. Bódi, É., Várallyay, S., **Soós, Á.**, Kovács, B.: Effect of molybdenum treatment on the element content of maize and green pea in a long-term field experiment.
In: 1st Meeting of Young Researchers from V4 Countries : Book of Abstract. Ed.: Monika Wesolowska, University of Rzeszow, Rzeszow, 17, 2016.
58. Novák, A., **Soós, Á.**, Kovács, B., Czipa, N.: Mézek és gyógynövény kivonatos méhkészítmények makroelem tartalmának vizsgálata = Analysis of makroelement content in honeys and herdhoneys.
In: Öshonos- és tájfajták - Ökotermékek - Egészséges Táplálkozás - Vidékfejlesztés: A XXI. század mezőgazdasági stratégiai Konferencia. Szerk.: Irinyiné Oláh Katalin, Kosztyuné Krajnyák Edit, Tóth Csilla, Lajtos István, Nyíregyházi Egyetem, Nyíregyháza, 62, 2016. ISBN: 9786155545696
59. Kovács, B., Bódi, É., Garousi, F., Várallyay, S., **Soós, Á.**, Vágó, X., András, D.: Problems and solutions in the application of ICP-MS for analysis of trace elements in various samples.
World Academy of Science, Engineering and Technology. International Journal of Nutrition and Food Engineering. 2 (6), 1, 2015. ISSN: 2010-376X.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 22,748

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 3,714

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2020.02.13.



