

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM

Biológiai és Sportbiológiai Doktori Iskola

Különböző botanikai és földrajzi eredetű hazai nektárforrások, vegyes- és fajtamézek komplex elemzése

Ph.D. értekezés

Lengyelné Bodó Alexandra

Témavezetők:

Dr. Farkas Ágnes
egyetemi docens

Dr. Kocsis Marianna
egyetemi docens

Iskolavezető:

Dr. Gábrriel Róbert
egyetemi tanár

PÉCS, 2022

TARTALOMJEGYZÉK

Ábrák jegyzéke.....	5
Táblázatok jegyzéke.....	6
Rövidítések jegyzéke.....	7
1. Bevezetés	9
2. Irodalmi áttekintés	10
2.1. A nektár	10
2.2. A méz.....	11
2.2.1. A méz érzékszervi tulajdonságai.....	12
2.2.1.1. Szín	12
2.2.1.2. Íz, illat (aroma).....	13
2.2.1.3. Konzisztencia (állomány)	13
2.2.2. A méz fizikai tulajdonságai.....	14
2.2.2.1. Víztartalom	14
2.2.2.2. Sűrűség.....	14
2.2.2.3. Viskozitás	14
2.2.2.4. Hővezető képesség.....	14
2.2.2.5. Elektromos vezetőképesség	14
2.2.3. A méz összetétele	15
2.2.3.1. Cukorösszetétel	15
2.2.3.2. Aminosavak, fehérjék	15
2.2.3.3. Savak, kémhatás, aromaanyagok	16
2.2.3.4. Ásványi anyagok és toxikus elemek	17
2.2.3.5. Szénhidrát-, cukoreredetű bomlástermékek (HMF).....	18
2.2.4. A méz biológiai tulajdonságai.....	18
2.2.4.1. Biológiai tisztaság	18
2.2.4.2. Pollentartalom	19
2.2.4.3. A méz antioxidáns aktivitása	20
2.2.5. A méz eredete, származása.....	22
3. Célkitűzések.....	23
3.1. Medvehagyma nektártermelésének vizsgálata	23
3.2. Hazai mézek azonosítása pollenspektrum alapján, bioaktivitásuk vizsgálata, ásványi és toxikus anyagaik elemzése	24
4. Anyag és módszer	26
4.1. A medvehagyma nektártermelésének vizsgálata.....	26

4.1.1.	Mintavételi helyszínek, a növények kiválasztása.....	26
4.1.2.	Talajvizsgálat	27
4.1.3.	Nektármérés	28
4.1.4.	Statisztikai elemzés	29
4.2.	Hazai mézek komplex bioaktivitás vizsgálata és a méz ásványi anyagainak elemzése	30
4.2.1.	A vizsgált mézek érzékszervi karakterisztikája és botanikai eredete.....	30
4.2.2.	Melisszopalinológiai analízis	30
4.2.3.	Színintenzitás meghatározása (ABS ₄₅₀)	31
4.2.4.	Antioxidáns kapacitás mérés	31
4.2.4.1.	Teljes redukálóképesség (TRC) meghatározása	31
4.2.4.2.	DPPH semlegesítésén alapuló antioxidáns kapacitás mérés.....	32
4.2.4.3.	Oxigényök elnyelő kapacitás (ORAC)	33
4.2.4.4.	Troloxra vonatkoztatott antioxidáns kapacitás meghatározása TEAC módszerrel	33
4.2.5.	Makro- és mikroelem tartalom meghatározás	34
4.2.6.	Statisztikai elemzés	35
5.	Eredmények és megvitatásuk.....	36
5.1.	Az élőhely és a talaj-jellemzők hatása az <i>Allium ursinum</i> nektártermelésére	36
5.1.1.	Az élőhely hatása az <i>Allium ursinum</i> nektártermelő virágainak arányára, a nektártérfogatra és a nektár koncentrációjára	36
5.1.2.	A talajparaméterek hatása az <i>Allium ursinum</i> nektártermelő virágainak számára, a nektártérfogatra és a nektár koncentrációjára.....	40
5.2.	Mézvizsgálatok eredményei	45
5.2.1.1.	A kora tavaszi mézminták botanikai és földrajzi eredete, érzékszervi karakterisztikája	45
5.2.1.2.	Magyarországi fajtamézek botanikai eredete és érzékszervi karakterisztikája	48
5.2.1.3.	Selyemfű, aranyvessző és két vegyes virágméz botanikai eredete és érzékszervi karakterisztikája	52
5.2.2.	A mézek teljes antioxidáns kapacitása	54
5.2.2.1.	A kora tavaszi mézminták teljes antioxidáns kapacitása	54
5.2.2.2.	Magyarországi fajtamézek teljes antioxidáns kapacitása.....	58
5.2.2.3.	Selyemfű, aranyvessző, és két vegyes virágméz teljes antioxidáns kapacitása	61
5.2.3.	A mézek makro-, mikro- és toxikus elem tartalma	63
5.2.3.1.	A kora tavaszi mézminták makro- és mikroelem tartalma	63

5.2.3.2.	Magyarországi fajtamézek makro- és mikroelem tartalma.....	65
5.2.3.3.	Selyemfű, aranyvessző és két vegyes virágméz mikro- és makroelem tartalma	70
5.2.4.	Többváltozós analízis.....	73
5.2.4.1.	Magyarországi fajtamézek többváltozós analízise.....	73
5.2.4.2.	Selyemfű, aranyvessző és a két vizsgált vegyes virágméz többváltozós analízise	76
6.	Összefoglalás	79
6.1.	Medvehagyma nektártermelés vizsgálatának összefoglalása	79
6.2.	Mézek bioaktivitás és ásványianyag tartalom vizsgálatának összefoglalása	80
7.	Summary	82
7.1.	Summary of nectar parameters of wild garlic	82
7.2.	Summary of bioactivity and multielements analysis of honeys	83
8.	Irodalomjegyzék	85
9.	Publikációs lista	102
9.1.	A dolgozat alapjául szolgáló tudományos közlemények.....	102
9.1.1.	Referált folyóiratban megjelent közlemények	102
9.1.2.	Konferencia közlemények.....	102
9.2.	Egyéb, a dolgozatban fel nem használt közlemények	102
10.	Köszönetnyilvánítás	103
	Melléklet –Anyagok jegyzéke.....	104
	Melléklet – Eszközök és műszerek jegyzéke	104

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra: Az elektronátmeneten (SET) és a hidrogénatom-transzferen (HAT) alapuló módszerek reakciómechanizmusa (Forrás: Lewoyehu és mtsai., 2019).....	21
2. ábra: Az <i>Allium ursinum</i> nektártermelés vizsgálatának mintavételi helyszínei (Forrás: Bodó és mtsai., 2021).....	26
3. ábra: A 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) reakciómechanizmusa antioxidánsal. R:H = antioxidáns gyökfogó; R = antioxidáns gyök (Forrás: Liang & Kitts, 2014)	32
4. ábra: Nektárt termelő virágok aránya <i>Allium ursinum</i> egyedekben különböző mintavételi helyeken és két különböző évben (Forrás: Bodó et al., 2021a).....	39
5. ábra: <i>Allium ursinum</i> egyedek virágai által termelt nektártérfogatok különböző mintavételi helyeken két különböző évben (Forrás: Bodó et al., 2021a)	39
6. ábra: <i>Allium ursinum</i> egyedek virágai által termelt nektár cukorkoncentrációja különböző mintavételi helyeken két különböző évben (Forrás: Bodó et al., 2021a).....	40
7. ábra: Talajtényezők lineáris regressziója. A talaj humusz (A)-, vas (B)- és szulfát (C)-tartalmát az <i>Allium ursinum</i> nektártermelő virágok számának függvényében (Forrás: Bodó et al., 2021a).....	41
8. ábra: Talajtényezők lineáris regressziója. A talaj pH(KCl) (A) és foszfát (B)-tartalmát az <i>Allium ursinum</i> nektártermelő virágok számának függvényében (Forrás: Bodó et al., 2021a).....	41
9. ábra: Talajtényezők lineáris regressziója. A talaj humusz (A), foszfát (B) és szulfát (C)-tartalmát az <i>Allium ursinum</i> nektártermelő virágok arányának függvényében.....	42
10. ábra: Talajtényezők lineáris regressziója. A talaj humusz (A)-, vas (B)- és magnézium (C)-tartalmát az <i>Allium ursinum</i> virágokban termelődött nektár térfogatának függvényében (Forrás: Bodó et al., 2021a)	43
11. ábra: A mézminták karakterisztikus pollentípusai	49
12. ábra: Magyarországi repce- (n=24) és vegyes virágmézek (n=18) antioxidáns értékeinek összehasonlítása. (a) TRC (mg GAE kg ⁻¹) (t = -7,0313; p<0,001), (b) TEAC μmol TE 100 g ⁻¹) (t = -12,326; p<0,001); (c) DPPH (IC ₅₀ mg ml ⁻¹) (t = 3,4874; p<0,05); (d) ORAC (μmol TE g ⁻¹) (t = -6,233; p<0,001). (Forrás: Bodó és mtsai., 2020).....	55
13. ábra: Magyarországi fajtamézek átlagos makro- (a) és mikroelem (b) koncentrációja (forrás: Bodó és mtsai. 2021)	66
14. ábra: Selyemfű, aranyvessző és a két vizsgált vegyes virágméz teljes (a) makro- (K, Ca, P, S, Mg, Na) és (b) mikroelem (B, Cu, Fe, Mn, Zn) tartalma (Forrás: Kocsis és mtsai. 2022)..	71
15. ábra: A PCA korrelációs mátrixból generált szórásdiagram, amely jelzi az egyes változók irányát és az egyes mézminták helyzetét a PC1-PC2 független koordinátákon (Forrás: Bodó és mtsai. 2021, graphical abstract).....	74
16. ábra: A selyemfű-, aranyvessző- és vegyes virágméz mintákból elemzett (a) antioxidáns- és színparamétereiből, (b) makroelemekből és (c) mikroelemekből álló adatsor főkomponens-analízise (PCA) (Forrás: Kocsis és mtsai. 2022).....	77

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat: Makro- és mikroelemtartalom vizsgálatának alsó méréshatár értékei (LOD).....	35
2. táblázat: Az <i>Allium ursinum</i> mintavételi helyeinek jellemzői, az összes mintavételezett virágszámmal és a nektárt termelő virágok arányával. A növénytársulásokat Kevey (2008) és Borhidi et al. (2012) alapján soroltuk be.	38
3. táblázat: A kora tavaszi mézminták botanikai és földrajzi eredete, érzékszervi karakterisztikája (n=3).....	46
4. táblázat: A kora tavaszi mézminták pollenspektruma.....	47
5. táblázat: A vizsgált fajtamézek botanikai eredete és érzékszervi karakterisztikája.....	48
6. táblázat: A vizsgált fajtamézek pollenspektruma.....	50
7. táblázat: Selyemfű, aranyvessző és két vegyes virágméz érzékszervi karakterisztikája.....	52
8. táblázat: Selyemfű, aranyvessző és két vegyes virágméz pollenspektruma.....	53
9. táblázat: A kora tavaszi mézminták teljes antioxidáns kapacitása évjárat és földrajzi eredet szerint	54
10. táblázat: Repce- és kora tavaszi vegyes virágméz minták vizsgált paramétereinek korreláció mátrixa (Pearson-féle korreláció koefficiens)	56
11. táblázat: Magyarországi fajtamézek teljes antioxidáns kapacitása	59
12. táblázat: Selyemfű, aranyvessző és két vegyes virágméz teljes antioxidáns kapacitása....	61
13. táblázat: A repce és kora tavaszi vegyes virágméz minták makroelem tartalma az évjárat és földrajzi eredet szerint.....	64
14. táblázat: Magyarországi fajtamézek makroelem-tartalma	66
15. táblázat: Magyarországi fajtamézek mikroelem-tartalma	69
16. táblázat: Selyemfű, aranyvessző és két vegyes virágméz makroelem-tartalma.....	71
17. táblázat: Selyemfű, aranyvessző és két vegyes virágméz mikroelem-tartalma.....	72
18. táblázat: Magyarországi fajtamézek szín, antioxidáns és makroelem paramétereinek korreláció mátrixa (Pearson-féle korreláció koefficiens)	73
19. táblázat: Selyemfű, aranyvessző és a két vizsgált vegyes virágméz szín, antioxidáns és makro-mikroelem tartalom paramétereinek korreláció mátrixa (Pearson-féle korrelációs koefficiens).....	77

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

β -PE - β -fikoeritrin

AAPH - 2,2'-azobis-(2-amidinopropán) dihidroklorid

ABS₄₅₀ - Színintenzitás (450 és 720 nm-en mért nettó abszorbancia értékek különbsége)

ABTS^{•+} - 2,2-azino-bisz-3-etilbenzotiazolin-6-szulfonsav kation gyök

CUPRAC - Réz-ionredukáló képességen alapuló antioxidáns kapacitás

DPPH[•] - 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil gyök

DPPP-oxid - Difenil-prenil-foszfín-oxid

EDTA - Etilén-diamin-tetraecetsav

FRAP - Vasredukáló képességen alapuló antioxidáns kapacitás

GAE - Galluszsav ekvivalens

HAT - Hidrogénatom-átmenet

HDE - Mézharmat elemek

HDE/P arány - Mézharmat elem/abszolút pollenzám arány

HMF - Hidroximetilfurfurol

HORAC - Hidroxil gyök megkötésén alapuló antioxidáns kapacitás

ICP-AES - Induktív csatolású plazma atomemissziós spektrométer

ICP-OES - Induktív csatolású plazma optikai spektrométer

LOD - alsó méréshatár

mAU - milliabszorbancia egység

MF - multiflorális

NORAC - Peroxinitrit megkötésén alapuló antioxidáns kapacitás

ORAC - Oxigén gyök abszorpciós képesség

PA - Arany-féle kötöttségi szám

PAST - Paleontological statistics Software Package

PCA - főkomponens analízis

ROO[•] - peroxilgyök

ROS - Reaktív oxigénfajták

SET - Elektronátmenet

SOAC - szinglet oxigén megkötésén alapuló antioxidáns kapacitás

SORAC - szuperoxid anion megkötésén alapuló antioxidáns kapacitás

TAC - Teljes antioxidáns kapacitás

TE - Trolox ekvivalens

TEAC - Trolox ekvivalens antioxidáns aktivitás

TOC - Teljes szerves szén

TPC - Teljes polifenoltartalom

TRC - Teljes redukálóképesség

Trolox - 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilkróm-2-karboxilsav

1. BEVEZETÉS

Az Európai Unió a második legnagyobb méztermelő (évi 280 000 tonnával) Kína után; a méhészek száma 2020-ban 615 ezer fő volt, míg a tartott méhcsaládok száma 18,9 millió, melyből Magyarországon 1,16 millió méhcsalád található 22,4 ezer méhész tulajdonában (Európai Bizottság, 2021). Hazánk több évszázados hagyománnyal rendelkezik a méhészeti ágazat terén, önellátó méz és méhészeti termékek szempontjából, sőt nagy mennyiségű mézet exportálunk (a megtermelt mennyiség mintegy 80-90%-át) külföldre, az Európai Unióba, elsősorban akácmézet. 15-20 féle fajtamézet állítunk elő. Az akácméz mellett hungarikumnak számít a kevésbé elterjedt selyemfűméz (KSH, 2012). Magyarország méztermelés tekintetében mind európai, mind világviszonylatban kedvező természeti adottságokkal rendelkezik, azonban megnehezíti a méhészek helyzetét az éghajlatváltozás, a szélsőséges időjárás, a természetes méhlegelők fogyatkozása az intenzív szántóföldi művelés következtében, a megváltozott mezőgazdasági technikák és a fokozódó növényvédőszer-használat (Tóth, 2019). Továbbá a magas méhsűrűség negatív egészségügyi következményekkel, illetve a méhlegelő gazdaságtalan hasznosításával jár; a méhcsaládonkénti mézhozam meglehetősen alacsony, átlagosan 22,08 kg volt 2000 és 2018 között Magyarországon (Oravecz és mtsai., 2020).

PhD munkám során a medvehagyma nektártermelését befolyásoló élőhelyi és edafikus tényezőket vizsgáltuk, továbbá komplex mézvizsgálatokat végeztünk több, magyarországi termelőtől vásárolt fajtamézen, melyek között voltak általánosan elterjedt mézek (pl. akác-, hárs-, repce-, napraforgóméz), de voltak ritkább, kuriózumnak minősülő mézek (pl. édeskömény-, mezei zsályaméz) is, ezzel hangsúlyozva hazánk változatos méhlegelőbeni lehetőségeit.

Kutatási eredményeim ismeretében a méhészek eredményesebben tudják kihasználni a medvehagyma által nyújtott méhlegelőt, továbbá a kapott ismereteket hasznosítani tudják akár vándorlási stratégia kialakításában, illetve a megtermelt mézük értékesítési illetve marketing lehetőségeinek kiaknázásában.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A nektár

A nektár a növények nektáriumainak (nektármirigyek) édes, viszkózus szekréta (Amtmann, 2009). Morfológiai szempontból megkülönböztetünk automorf (önálló alakkal rendelkező), epimorf (határozott alakkal nem jellemezhetők) és átalakulással létrejött metamorf nektáriumokat (Halmágyi & Keresztesi, 1991). A nektáriumok a virágrészek minden fajtáján megtalálhatók, beleértve a csészelevelet, pártát, a porzót és a termőlevelet is. A nektáriumokhoz a szállítóedények finom elágazásai vezetnek, ezeket táplálhatja a farész és a háncsrész együttesen, vagy csak a háncsrész (floém). A kiválasztott cukor a háncselemekből származik. A kiválasztott nektár cukor-koncentrációja általában annál kisebb, minél nagyobb a xilém (farész) aránya az odavezető utakban. (Amtmann, 2009). Azokat a nektáriumokat, melyek egyes virágrészekben, általában a termőlevél alapi részénél jelennek meg, florális nektáriumoknak nevezzük. Az extrafloralis nektáriumok a növények egyéb szervein jelennek meg, pl. levélnyelen, murvalevélén vagy lomblevélén (Halmágyi & Keresztesi, 1991).

Az egyes növényfajok és fajták nektártermelése azonos körülmények között is eltérhet. Ennek oka belső, örökletes tulajdonságok lehetnek. Egyes egyedek a megszokottnál több nektármirigyet fejleszthetnek, így ezek nektárhozama magasabb lesz. A diploid alakokhoz képest a poliploidok (zsálya, dohány stb.) több nektár kiválasztására képesek. A növények morfológiai jellemzői is befolyásolják a nektártermelésüket, például a nektármirigyek mérete és felépítése, a virág szerkezete, a virág fejlettségi állapota (Halmágyi & Keresztesi, 1991).

A nektár térfogatát és összetételét számos ökológiai paraméter befolyásolja, mint például a mikroklimatikus viszonyok (levegő hőmérséklet, relatív páratartalom, párolgás, napsugárzás mennyisége, szélesebbé), valamint a talaj jellemzői. A talaj jellemzőihez tartozik a nedvességszint, hőmérséklet és szellőzöttség (Fahn, 1949; Dafni és mtsai., 1988; Zimmerman, 1988; Petanidou és mtsai., 2000; Mačuković-Jocić és mtsai., 2004; Silva és mtsai., 2004; Đurđević és mtsai., 2004; Mačuković-Jocić, 2006; Pacini & Nepi, 2007; Mačuković-Jocić és mtsai., 2008; Lu és mtsai., 2015). A nektár térfogata, koncentrációja és cukorösszetétele is eltérhet az egyes virágfejlődési szakaszokban és a különböző ivarú virágok között (Denisow és mtsai., 2018). A virágzás kezdetén még több és magasabb cukortartalmú a nektár, később már kevesebb és hígabb nektár választódik ki (Halmágyi és Keresztesi, 1991). Továbbá a nektártermelést befolyásoló tényezők lehetnek még a virág élettartama, az egyes növények morfológiai és fenológiai jellemzői (Lu és mtsai., 2015; Denisow és mtsai., 2018; Božek, 2019; Clearwater és mtsai., 2018; Antoń és mtsai., 2017), vagy a virág helyzete a virágzatban (Božek,

2019). Ezen felül olyan külső tényezők is befolyásolják őket, mint a beporzó viselkedése (a beporzó látogatások gyakorisága és bősége, a növényenként meglátogatott virágok száma, a látogatás időtartama) (Denisow és mtsai., 2018), nektárrablók jelenléte vagy élesztőgombák általi nektárszennyeződés (Anton és mtsai., 2017).

A medvehagyma (*Allium ursinum* L.) egy hagymás, évelő lágyszárú egyszikű, amely széles körben elterjedt Európa szikes, lombhullató erdőiben (Tutin, 1942), valamint Ázsia (Tutin, 1942; Stearn, 1947) és Afrika (Schmid, 1975) egyes vidékein. A fajt hagyományosan ételmezesi és gyógyászati célokra is használják, például vérnyomás- és koleszterinszint csökkentésére (Reuter, 1995; Sobolewska és mtsai., 2015). Emellett a virágok által termelt nektárból uniflorális méz nyerhető. Úgy tűnik, hogy a növény kémiai összetételét nagymértékben befolyásolják az élőhely ökológiai feltételei, valamint a növény biológiai tulajdonságai (Djurđjevic és mtsai., 2004; Trémolières és mtsai., 2009; Sobolewska és mtsai., 2015). Mivel a szaporítószervek fejlődése és a nektár szekréciója jelentős befektetést igényel a növény részéről (Nepi & Stpiczyńska, 2008), a nektár termelése valószínűleg rendkívül érzékeny a különböző ökológiai tényezőkre.

2.2. A méz

A méz a mézelő méhek (*Apis mellifica* L.) által főleg növények nektárjából vagy levellein, hajtásain található édes nedvekből gyűjtött, saját mirigyváladékukkal vegyítve átalakított és lépekbe ömlesztve mézzé érlelt termék. Botanikai eredetét tekintve lehet virág- vagy édesharmatméz (mézharmatméz) (Magyar Élelmiszerkönyv 1-3-2001/110). Összetett élelmiszer, amely az ókortól kezdve fontos szerepet játszott az ember táplálkozásában és az orvostudományban. A méz tulajdonképpen egy tútelített cukoroldat, nagy százalékban tartalmaz cukrot (pl. arabinóz, fruktóz, galaktóz, glükóz) és legfeljebb 20%-ban vizet (Körmendy-Rácz, 2009; Nyawali és mtsai., 2015). A méz természetes termék, amelyhez semmit sem adnak hozzá, vagy nem vesznek el belőle (Wilczynska, 2014). A méz mintegy 181 alkotóelemet tartalmaz, – szénhidrátokon kívül – aminosavak, ásványi anyagok, szerves savak, fenolos vegyületek, enzimek, vitaminok a legfőbb alkotórészei, amelyek jelentősek a mindennapi táplálkozásban, továbbá vírusellenes, gombaellenes, antibakteriális és antioxidáns hatással rendelkeznek (Szalay, 2002; Bentoncelj és mtsai., 2007; Alvarez-Suarez, 2010; Czipa és mtsai., 2015; Dominguez & Centurión, 2015). A méz hatékonynak bizonyult egyes gyomor-bélrendszeri rendellenességekben, és védi a gyomrot az akut és krónikus elváltozások ellen (Al-Mamary, 2002). Számos kultúrában használják égési sérülések, szürkehályog, fekély és sebek

orvoslására, sőt még nyílt sebekre alkalmazva is nyugtató hatású. Fizikai tulajdonságainak köszönhetően védőréteget képez a seb felszínén, és magas ozmolaritása révén, olyan nedves sebgyógyító környezetet teremt oldat formájában, ami nem tapad a sérült szövetekhez. Úgy gondolják, hogy ez a nedves sebkörnyezet megakadályozza a baktériumok megtelepedését (Alvarez-Suarez és mtsai., 2010). A mézben található fenolos vegyületek továbbá szerepet játszhatnak a kardiovaszkuláris betegségek kezelésében is (Olas, 2020). Az elmúlt 10 évben továbbá a következő betegségekben tanulmányozták alkalmazását: ízületi gyulladás (Kocyyigit és mtsai., 2019), mellrák (sejtvonal) és méhnyakrák (sejtvonal) (Fauzi és mtsai., 2019), vastagbélrák (sejtvonal) (Afrin és mtsai., 2017), köhögés (Oduwole és mtsai., 2018), 2-es típusú cukorbetegség (Sadeghi és mtsai., 2019), májzsugorodás (Xiao és mtsai., 2016), influenza (Watanabe és mtsai., 2014), glioblastoma multiforme (sejtvonal) (Moskwa és mtsai., 2014), *Helicobacter pylori* (Boyanova és mtsai., 2015), szájnyálkahártya-gyulladás (Liu és mtsai., 2019), csontritkulás (Tavafzadeh és mtsai., 2015), felfekvések (Saha és mtsai., 2012), *Pseudomonas* (Punitan és mtsai., 2019), veserák (sejtvonal) (Samarghandian és mtsai., 2011) és rosacea (Braithwaite és mtsai., 2015).

A méz főbb minőségi paramétereit elsősorban a florális eredet, illetve a méhlegelő hordás alatti időjárás körülményei befolyásolják (Kıvrak és Kıvrak, 2017). Élelmiszerbiztonsági és fogyasztóvédelmi szempontból közös nemzeti és nemzetközi méz-szabványokra van szükség, hogy biztosítsa e termék szabad forgalomba hozatalát a piacon. Egyes minőségi paraméterek (például víztartalom, pH, elektromos vezetőképesség, HMF-tartalom, diasztáz-aktivitás vagy redukáló cukrok stb.) garantálják a termék nektár származását, és megerősítik a méz kezelésének és tárolásának higiéniai feltételeit (Escuredo és mtsai., 2019).

2.2.1. A méz érzékszervi tulajdonságai

2.2.1.1. Szín

A szín a méz egyik legfontosabb jellemzője, ami a fogyasztókat befolyásolja, ezáltal hatást gyakorol a világpiaci árára is (Gonzales és mtsai., 1999; Quintas és mtsai., 2007, Dominguez & Centurión, 2015; De Silva és mtsai., 2016). A méz színének általános elfogadottsága nagyon széles, de általában a világos színű mézeknek magasabb az ára (González - Miret és mtsai., 2007; De Silva és mtsai., 2016).

A méz színét az összetevők (pl. ásványianyag-tartalom), valamint a polifenolok típusa határozza meg (Can és mtsai., 2015; Czipa és mtsai., 2015). A fő színezőanyagok közül a flavonoidok a legfontosabbak (pl.: 6-flavonol, 4-flavonol, pinocembrin, pinobanksin, galangin, luteolin) (Szalay, 2002; Gheldof és Engeseth, 2002; Turkmen és mtsai., 2005). A méz

színspektruma a víztiszta átlátszótól, illetve hófehér kristályostól a zöldessárga, borostyánsárga színárnyalatokon át a kávébarnáig, sőt egészen a feketéig terjedhet (Nikovitz és mtsai., 1983; Mateo Castro és mtsai., 1992).

Szoros korreláció van a szín és az ásványianyag-tartalom, a pollentartalom, a növényi eredet, a földrajzi eredet, valamint a méz színe és fizikai tulajdonságai, például elektromos vezetőképessége között (Tuberoso és mtsai., 2004; Habib és mtsai., 2014; Czipa és mtsai., 2015; De Silva és mtsai., 2016). Természetes változások is bekövetkezhetnek a méz színében, pl. a kristályosodás folyamán. Továbbá a méz feldolgozása és kezelése, valamint a tárolás körülményei és időtartama is mérhető hatással lehet a színére, sötétebbé teheti azt (Szabó és mtsai., 2016).

2.2.1.2. Íz, illat (aroma)

Íz szempontjából nagyon sokféle lehet a méz: a kellemes, virágillatú, aromás, édeskés íztől egészen a savanykás, kissé karcos vagy kimondottan kellemetlen ízig. A méz ízét, aromáját is befolyásolják a tárolási körülmények, az eltartási idő, az edényzet és az együtt tárolt anyagok. (Nikovitz és mtsai., 1983). Megfigyelték, hogy a világos mézeknek lágyabb, míg a sötétebb mézeknek markánsabb illata van (Czipa, 2010).

2.2.1.3. Konzisztencia (állomány)

A pergetés során kinyert friss méz a legtöbb esetben folyékony halmazállapotú, esetleg mikrokristályokat tartalmaz. A tárolás során ez változik, némely mézfajta elkezd opálosodni, majd idővel kristályossá válik, de ez nem okoz változást a kémiai tulajdonságaiban. A kristályosodás külső és belső okokkal magyarázható. A külső okok között szerepelnek a tárolási körülmények, időtartam, valamint az esetleges melegítés, keverés. Belső okok közé sorolhatjuk a botanikai eredetet, az egyszerű cukrok (glükóz-fruktóz) arányát, a víztartalmat, a poliszacharidokat és a dextrinek mennyiségét (Czipa, 2010).

A monoszacharidok (glükóz és fruktóz) koncentrációja és egymáshoz viszonyított aránya a mézek fajtaspecifikus tulajdonsága, ugyanis e két komponens aránya döntően befolyásolja a méz kristályosodási folyamatát. Vannak növények, amelyek nektárja nagyobb mértékben tartalmaz szőlőcukrot, például a keresztesvirágúak (Brassicaceae), a fészkesvirágzatúak (Asteraceae) és a gyümölcsfák (Rosaceae) virágaiból származó mézek erősen kristályosodó hajlamúak. Míg a több gyümölcscukrot tartalmazó nektárt adó növényekből (pl. pillangós virágúak (Fabaceae), a borágófélék (Boraginaceae) és burgonyafélék (Solanaceae)) származó mézek folyékony jellegűek, kristályosodásra kevésbé hajlamosak (Nikovitz, 1983).

2.2.2. A méz fizikai tulajdonságai

2.2.2.1. Víztartalom

A nektár eredeti víztartalmát, amely 30-90% között mozog, a méhek a feldolgozó tevékenységük során 18-20%-ra csökkentik. Ennél alacsonyabb érték csak ritkán, bizonyos időjárási körülmények között – nagy szárazság – fordulhat elő. A méz víztartalmát befolyásolják a hordási körülmények, az időjárás és az érlelésnél rendelkezésre álló idő (Nikovitz, 1983).

2.2.2.2. Sűrűség

A méz sűrűségét elsősorban a víztartalom és a hőmérséklet befolyásolja. A Magyarországon termelt mézek sűrűségénél lényeges különbségeket nem tapasztalunk. A méz sűrűsége 20°C-on általában 1,39-1,47 g/cm³ között mozog (Nikovitz, 1983).

2.2.2.3. Viskozitás

A viszkozitás a folyékony anyagokra jellemző belső súrlódás. A méz viszkozitását – a sűrűséghez hasonlóan – a víztartalom és a hőmérséklet befolyásolja, velük fordítottan arányos. A méhészeti gyakorlatban van jelentősége, ugyanis a nagy viszkozitású méz nehezebben kezelhető és pergethető ki. Befolyásolhatja még a fajtajelleg, a dextrinek, kolloidanyagok és a fehérjék mennyisége (Szél, 2006).

2.2.2.4. Hővezető képesség

A méz hővezető, hőátadó képessége rendkívül rossz, ezért nehezen is melegszik át. A kristályos mézé kb. 10-szer rosszabb, mint a folyékonyé. Számszerűsítve a finom kristályos méz hővezető képessége $12,9 \cdot 10^{-5} \text{ W mK}^{-1}$ (Czipa, 2010).

2.2.2.5. Elektromos vezetőképesség

A mézek elektromos vezetőképessége függ az oldott anyagoktól úgy, mint az ásványi anyagok, szerves savak, fehérjék és cukoralkoholok koncentrációjától, azok minőségétől és mennyiségétől. Az elektromos vezetőképesség mérésével elkülöníthetők egymástól a nektár- és a harmateredetű mézek (Popek, 1998).

A Magyar Élelmiszerkönyv szerint az elektromos vezetőképesség értéke tiszta mézek esetében legfeljebb 0,8 mS cm⁻¹ lehet; kivételt képeznek ez alól az édesharmatmézek, a szelídgesztenyeméz, és ezek keverékei, melyeknek legalább 0,8 mS cm⁻¹ kell legyen az elektromos vezetőképességük.

Guler és mtsai (2007) megfigyelései szerint a méz elektromos vezetőképessége szoros pozitív korrelációt mutat a méz káliumtartalmával.

Persano Oddo és Bogdanov (2004) szerint az elektromos vezetőképesség a méz második legjelentősebb paramétere a prolintartalom után, amelyek alapján a mézfajták megkülönböztetők egymástól.

2.2.3. A méz összetétele

2.2.3.1. Cukorösszetétel

A mézben előforduló szénhidrátokat alapvetően három csoportba oszthatjuk: egyszerű (monoszacharidok), összetett (oligoszacharidok) és többszörösen összetett (poliszacharidok) szénhidrátok. Huszonöt különböző cukor fordul elő a mézben (Puścion-Jakubik és mtsai., 2020). Az egyszerű cukrok, a szőlőcukor (glükóz) és a gyümölcscukor (fruktóz) a méz szárazanyag tartalmának 65-80%-át teszik ki, de ezek koncentrációja az idő előrehaladtával nő, mert a mézben lévő invertáz enzim hatására a szacharóz folyamatosan bomlik le egyszerű cukrokra (Da Costa Leite és mtsai., 2000).

A hamisítás szempontjából legnagyobb jelentősége a diszacharidok közé tartozó szacharóznak van. Amennyiben értéke meghaladja a szabványban előírtat (átlagosan 5 g 100 g⁻¹), az már hamisításra enged következtetni. Azonban a szacharóztartalom a méhészeti technológia következtében is lehet magasabb, ugyanis ha a méhek a nagy hordás miatt nem tudnak elegendő időt fordítani a méz érlelésére, kevesebb enzimet adnak hozzá, így a szacharóz lassabban bomlik le, és koncentrációja magasabb lesz. Kis hordás esetén ennek az ellenkezője történik (Lampeitl, 1997).

A mézben ismert egyéb összetett cukrok a maltóz, a melezitóz, továbbá a dextrin, elsősorban az édesharmatmézekre jellemző. A többszörösen összetett cukrok eredete a mézben részben természetes (a nektárból), részben pedig a mézben lezajló enzimtevékenység során az átalakulási és átépítési folyamatok köztes vagy végtermékeként jönnek létre. Pontos összetételük és szerepük nem ismert. A magasabb dextrintartalmú mézek kevésbé hajlamosak a kristályosodásra (Nikovitz, 1983).

2.2.3.2. Aminosavak, fehérjék

A nektár nem tartalmaz fehérjét, az a feldolgozás, érlelés alatt a méhek garatmirigy váladékából és az egyéb belekerülő anyagokból (pl. virágpór) származik. A virágmézek fehérjetartalma általában néhány tized százaléktól a 1-1.5%-ig terjed, míg az édesharmatmézekben ez az érték elérheti a 3%-ot is (Nikovitz, 1983).

A mézben továbbá egyéb, az egészségre gyakorolt hatása miatt jelentős alkotórészek széles skáláját találjuk, ilyenek a fenolsavak és flavonoidok, bizonyos enzimek (glükóz-oxidáz, kataláz) és aminosavak (Alvarez-Suarez és mtsai., 2010).

A kutatások során a mézekben 18-féle aminosavat azonosítottak. A legnagyobb mennyiségű és jelentőségű aminosav a prolin, ami a mézaroma anyagainak egyik alkotórésze. Egy-egy mézfajtában továbbá némely aminosav jelentősebb mennyiségben fordul elő, pl. a zsályamézben a fenil-alanin (Nikovitz, 1983).

A méz nitrogénvegyületeinek egyik legfontosabb csoportját az enzimek alkotják. A méz belsejében lezajló folyamatok során az anyagi változások, átalakulások is zömmel az enzimek tevékenységének köszönhető. Jelenlétük, mennyiségük, aktivitásuk fontos információkat szolgáltat a méz állapotáról, valódiságáról, érettségéről, bizonyos esetekben eredetéről, valamint tárolási, feldolgozási tevékenység (pl. hőkezelés mértéke) helyességéről vagy helytelenségéről. A mézben előforduló két legfontosabb enzim a diasztáz és az invertáz enzim. A diasztáz enzim a méz keményítőtartalmának lebontásáért felel, míg az invertáz a mézben lévő szacharóz bontását végzi (Nikovitz, 1983).

A méz csekély mértékben vitaminokat és még néhány specifikus biológiai tulajdonsággal rendelkező, illetve hormonális hatású anyagot is tartalmaz, ilyenek pl. a nikotinsavamid (Nikovitz, 1983). A mézben kizárólag vízben oldódó vitaminok találhatóak, úgymint a C-vitamin (aszcorbinsav), B₁-vitamin (tiamin), B₂-vitamin (riboflavin), B₃-vitamin (niacinamid), B₄-vitamin (folsav), B₅-vitamin (pantoténsav) és B₆-vitamin (piridoxin). A mézben található flavonoidok megvédik az aszcorbinsavat a lebomlástól, megsokszorozva ezáltal a hatását (Czipa, 2010). Ide tartozik még továbbá a kolin- és acetilkolin, amelyek emberi és állati szervezetre gyakorolt fiziológiai hatása ismert.

2.2.3.3. Savak, kémhatás, aromaanyagok

A nektárban már a kiválasztódás során megjelennek bizonyos savak, amelyek az érlelés során feldúsulnak. A mézben található savak között elsősorban glükonsav található, de kisebb mennyiségben: ecetsav, citromsav, hangyasav, tejsav, maleinsav, almasav, oxálsav, piroglutaminsav, borostyánkősav (Puścion-Jakubik és mtsai., 2020). A méz minőségi mutatói közül az egyik legfontosabb a szabad savtartalom, amely az idő előrehaladtával, valamint a fermentáció alatt emelkedik, mert a mézben található cukrok és alkoholok folyamatosan bomlanak le savakká (Bath & Singh, 2000).

A pH-érték kialakulásánál a méz szabad vastartalma mellett az aminosavak, fehérjék, peptidok és egyéb ásványi anyagok játszanak fontos szerepet. A virágmézek pH-értéke 3,6 és

4,5 között mozog, míg a mézharmatmézek kevésbé savasak, pH-értékük 4-4,5 között van (Nikovitz, 1983).

A méz egyik fő jellemzője, az aromája. A mézben igen sok aromavegyület jelenlétét leírták: szénhidrogéneket, alifás és aromás savak észtereit, aldehideket, ketonokat és alkoholokat (Antmann, 2009). Némelyik aromaanyag a florális eredet bizonyítására is szolgál, ezeket három fő csoportba oszthatjuk: terpén-származékok, nor-izoprenoidok és benzol-származékok (Peña és mtsai., 2004). Az aroma kialakításában az egyes vegyületek nem mennyiségükkel arányos mértékben játszanak szerepet, hanem attól függően, hogy rájuk nézve mekkora az ember érzékelési küszöbértéke.

2.2.3.4. Ásványi anyagok és toxikus elemek

A méz alapvető makro- és mikroelemei, mint a kálium, kalcium, vas stb., fontosak az emberi táplálkozásban (Rashed és Soltan, 2004; Pisani és mtsai., 2008; Vanhanen és mtsai., 2011; Czipa és mtsai., 2015; Rajs és mtsai., 2017; Sager, 2017;). A méz ásványianyag-tartalma függhet a botanikai eredettől, a talajviszonyoktól, az éghajlati tényezőktől vagy akár az extrakciós technikáktól (Almeida-Silva és mtsai., 2011; Rajs és mtsai., 2017). Egyes esetekben az ásványianyag-tartalom a földrajzi eredet jelzőjeként játszik szerepet, függetlenül a méz botanikai eredetétől (Terrab és mtsai., 2005; Conti és mtsai., 2007). Gulyás és mtsai (1993) vizsgálatai alapján kötött talajon nagyobb mennyiségű mikroelem kerül a nektárba, mint homoktalajon. A savanyú talajokról származó mézek ásványianyag-tartalma magasabb, mint a bázikus talajokról származóké (Morse & Lisk, 1980). Perna és mtsai. (2012) összefüggést találtak a mézek fémtartalma és antioxidáns hatása között is. A méz ásványi összetétele és színe között szintén összefüggést állapítottak meg, amennyiben a sötét mézek bizonyos ásványi anyagokat nagyobb mennyiségben tartalmaznak, mint a halvány színűek. Ezen kívül a mézben lévő ásványi anyagok és nehézfémek elemzése jelzi a méz földrajzi eredetét, szennyezettségét, valamint a méz tisztaságának általános mértékét (Soleyman és mtsai. 2016).

A méz minőségének vizsgálatakor az egyik legfontosabb tényező a kontaminánsok, esetleges toxikus anyagok kimutatása, amelyek a környezetből, a gyógyszeres kezelésekből (pl. peszticidek, inszekticidek stb.), illetve a kezelés, tárolás során kerülhetnek a mézbe. A méz savasságának köszönhetően képes a fémesszűrőkből, tárolóedényekből bizonyos elemeket (pl. króm, cink, ólom) kioldani (Pisani és mtsai., 2008). A mezőgazdaságban használt ásványi műtrágyák és növényvédő szerek miatt olykor magas kadmium-szint mutatható ki a mézben. Ebből adódóan tehát a méz hasznos bioindikátora lehet a környezetszennyezésnek, azon felül is a gyűjtési terület toxikus elemekkel való szennyezettségének, mivel a méhek könnyen

elrepülnek lakóhelyüktől minden irányban kb. 4 km-re, így hozzávetőlegesen 50 km²-es területet elérve (Przybylowski és Wilczyńska, 2001; Silici és mtsai., 2008; Sager, 2017). Természetesen a nehézfémek mézben való jelenléte nem kívánatos, ezért bizonyos országokban határértéküket is megszabták. Az Európai Bizottság 2006. december 19-i 1881/2006/EK az élelmiszerekben található szennyezőanyagok maximális szintjének meghatározásáról szóló rendeletet a 2015. június 25-i (EU) 2015/1005 bizottsági rendelettel módosította, amely szerint az elfogadható legnagyobb koncentráció ólom esetén 0,10 mg kg⁻¹ és kadmium esetén 0,05 mg kg⁻¹ (Bartha és mtsai., 2020).

Ezzel szemben más tanulmányok bebizonyították, hogy a méz nem tekinthető megbízható környezetszennyezés biomonitornak (Conti és Botré, 2001; Conti és mtsai., 2014; Conti és mtsai., 2018). Bányászati területeken, ahol a méhek és a pollen megbízható indikátornak bizonyultak a toxikus elemek kimutatására, a méz nem volt reprezentatív. (Satta és mtsai., 2012; Saunier és mtsai., 2013).

2.2.3.5. Szénhidrát-, cukoreredetű bomlástermékek (HMF)

A mézben lévő cukrok közül a hexózokra (hat szénatomból álló monoszacharidok) jellemző, hogy savas közegben hidroximetilfurfurollá (HMF) bomlanak, ami egy ciklikus aldehid. Ez a bomlástermék a frissen pörgetett mézben nem, vagy csak igen csekély mértékben lehet jelen (0,1-0,2 mg%) (Nikovitz, 1983). A méz minősége a tárolás időtartamával és hőmérsékletével változhat, ami lényegében az enzimaktivitás elvesztéséhez és HMF képződéséhez vezet (Gidamis és mtsai., 2004). Mouhoubi-Tafinine és mtsai. (2018) kutatása szerint a magas hőmérsékleten történő tárolás (35°C) olyan HMF-szint növekedéshez vezet, amely bőségesen meghaladja a megengedett határértéket (40 mg kg⁻¹). Továbbá ennek a vegyületnek a jelenléte nagy mennyiségben arra utal, hogy a mézet invert sziruppal keverték hamisítás céljából (Nozal és mtsai., 2001, Azeredo és mtsai., 2003; Sanz és mtsai., 2003). Janzowski és mtsai. (2000) szerint magas koncentrációban a HMF citotoxikus lehet, szem- és felső légúti irritációt okozva.

2.2.4. A méz biológiai tulajdonságai

2.2.4.1. Biológiai tisztaság

A mézben előfordulhatnak mikroszkópikus méretű szennyeződések, mikroorganizmusok is. Ezek egy része természetes forrásból származik, úgymint a méhek emésztőrendszere, a virágpor, a nektár és a propolisz, a levegő, a virágok és a kaptáron belüli környezet, míg másodsorban a helytelen kezelés, tárolás és feldolgozás során kerül a mézbe (Olaitan és mtsai.,

2007). Alapvetően a méz nem nyújt számukra megfelelő körülményeket, sőt glükóoxidáz enzimjei gátolják is élettevékenységeiket, azonban a nem szakszerű méhészeti technika (szennyezett eszközök használata, éretlen méz kipergetése, nedves helyen történő tárolás) következtében felszaporodhatnak, melynek eredménye, hogy a méz erjedésnek indul (Czipa, 2010). Ebből következően a mézben azok a mikroorganizmusok élnek túl, amelyek ellenállnak a méz koncentrált cukortartalmának, savasságának és egyéb antimikrobiális tulajdonságainak. A mézben tehát túlsúlyban vannak az erjesztő hatású élesztőgombák, elsősorban a *Saccharomyces*, a *Schizosaccharomyces* és a *Torula* törzsek. Továbbá előfordulhatnak még *Bacillus* fajok, *Enterobacteriaceae* baktériumok és anaerob *Clostridium* spórák is (Frazier & Westhoff, 1978; Gilliam, 1997). Ez utóbbi, pontosabban a *Clostridium botulinum* okozza a botulizmus betegséget, amely különösen veszélyes lehet a csecsemőkre és kisgyermekekre, mert még nincs kifejlett immunrendszerük (Migdal és mtsai., 2000). A fentiek felül a méhek környezete, illetve a méz, penészgombákat is tartalmazhat, mint a patogén *Aspergillus* gomba fajok, aminek jelentős egészségre gyakorolt negatív hatása lehet, illetve a *Penicillium* fajok, amelyek elsősorban a méhek emésztőrendszeréből származnak (Foley és mtsai., 2014; Gilliam, 1997).

2.2.4.2. Pollentartalom

A mézben található különféle alakos elemek közül elsősorban a pollentartalom mennyisége és minősége alapvető fontosságú, mivel meghatározza a méz jellegét. Minden mézben, amelyet a méhek virágokról gyűjtöttek, a gyűjtés során látogatott növényekről származó virágpor található. A mézelő növények nektár és virágpor termelésének aránya igen különböző; megkülönböztetünk bőséges nektárt, de kevés pollent adó; kevés nektárt, de sok pollent adó; illetve bő nektárt és bő pollent vagy kevés nektárt és kevés pollent adó növényeket. Ez alapján határozható meg az adott pollen reprezentáltsága a mézben. A sok nektárt, de kevés virágport adó csoportba tartoznak például az akác, a levendula és a hárs, míg a kevés nektárt, de sok pollent adó csoportba a szelídgesztenye. A fajtajelleg meghatározás egyik legelfogadottabb módja a méz pollentartalmának vizsgálata, azonban előfordul, hogy a mikroszkópos vizsgálat eredménye teljesen ellentmond a méz érzékszervi tulajdonságainak, aminek az a magyarázata, hogy egy adott méz pollentartalma igen sok mindentől függ (pl. a főhordást adó növény nektár-pollen aránya szerinti virágportartalom, a méhészkedés technikája, a pörgetés idejének megválasztása). Az édesarmatmézek többnyire kevesebb, sokszor egészen minimális mennyiségű virágport tartalmaznak. Ezek mikroszkópos vizsgálata

során a különböző gyűjtési módra és körülményre utaló, ún. „mézharmat-indikátorok” találhatóak, ezek például algák, hifák, spórák, szerves és szervesetlen töredékek (Nikovitz, 1983).

2.2.4.3. A méz antioxidáns aktivitása

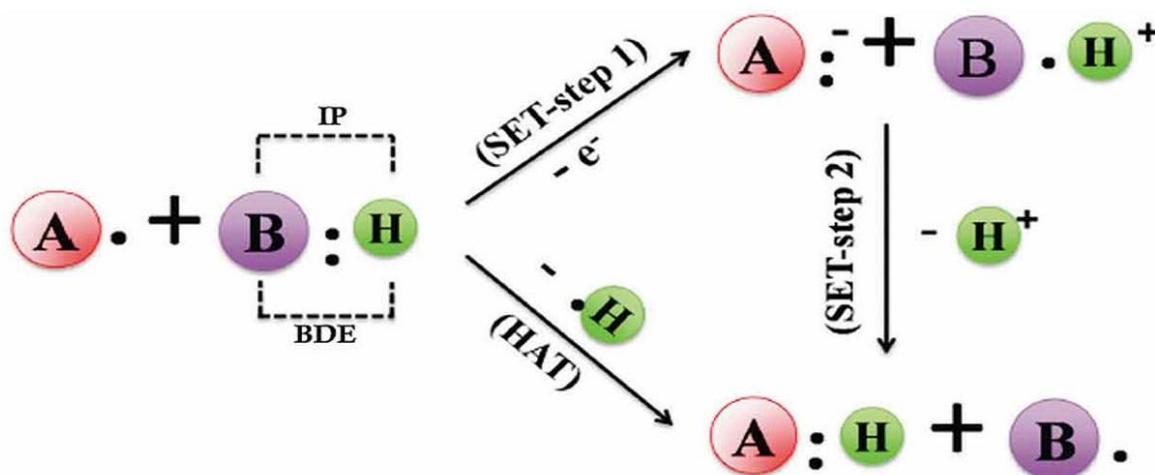
A méz egyik leggyakrabban vizsgált paramétere az antioxidáns kapacitás, amely az antioxidáns vegyületekben való gazdagságának köszönhető, amelyeket a növények részben másodlagos metabolitokként szintetizálnak a reaktív oxigénfajták ellen (Havsteen, 2002; Kaskoniené és mtsai., 2010). Már az elmúlt néhány évben is több kutató foglalkozott a különböző országokból származó mézfajták antioxidáns paramétereinek vizsgálatával, egyéb tulajdonságokkal kiegészítve. Ilyen kutatási eredmények születtek például a Törökországból (Gül és mtsai., 2018), Lengyelországból, (Dzukan és mtsai., 2018; Goslinski és mtsai., 2019; Halagarda és mtsai., 2020), Görögországból (Stagos és mtsai., 2018), Szerbiából (Srećković és mtsai., 2019) és Romániából származó mézek (Pauliuc és mtsai., 2020) kapcsán.

A méz antioxidáns hatása számos vegyület együttes hatásának eredménye. A fenolos vegyületek (flavonoidok és fenolos savak), valamint a nem fenolos vegyületek (aszorbinsav, karotinszerű anyagok, szerves- és aminosavak, valamint fehérjék, köztük bizonyos enzimek, pl. glükóz-oxidáz és kataláz) hozzájárulhatnak a méz antioxidáns aktivitásához (Gorjanović és mtsai., 2013).

A flavonoidok a növényekben széles körben megtalálható fenolos vegyületek közé tartoznak. A flavonoid vegyületeknek igen sok fajtája létezik, Peterson & Dwyer (1998) javaslatára hat csoportra osztjuk őket: flavanonok, flavonok, izoflavonok, antocianinok, flavonolok és flavánok (flavanolok). A flavonoidok (jelentése: flavus, azaz sárga) adják a méz jellegzetes sárgás színét. A mézek fenolos és flavonoid vegyületei származhatnak a nektárból, a pollenből vagy a propoliszból (Antmann, 2009). A virágporban található flavonoidok glikozidok és aglikonok formájában egyaránt előfordulnak, és általában erősen hidroxiláltak, például a kaempferol esetében. A méz flavonoidok azonban részben virágpor flavonoidokból származhatnak, és az eredeti glikozidokat a méhnyálban jelenlévő enzimek aglikonokká hidrolizálják (D'Arcy, 2005). A flavonoidok antioxidáns, immunerősítő, antikarcinogén, antimikrobiális, antiflogisztikus (gyulladáscsökkentő) és analgetikus (fájdalomcsillapító) hatással bírnak (Czipa, 2010). A mézben a flavonoidok mellett más fenolvegyületek is kimutathatók, amelyek szintén hozzájárulhatnak az antioxidáns hatásához. Ezek közül legnagyobb mennyiségben benzoésav-származékokat és fahéjsav-származékokat mutattak ki. A mézharmatmézekben például viszonylag nagy mennyiségben van 3,4-dihidroxi-benzoésav (>5 mg kg⁻¹), ennek alapján megkülönböztethetők a nektár típusú mézeketől (Joerg & Sontag,

1992). Továbbá vannak olyan növények, amelyek nektárjában toxikus fenol-vegyületek vagy alkaloidok találhatóak. Magyarországon igen csekély a jelentőségük. Ilyenek például néhány Ericaceae faj, így a rododendron és az ázalea, továbbá a jázmin, beléndek, maszlag, a sisakvirág és a nadragulya (Nikovitz, 1983).

Számos analitikai módszer létezik a méz bioaktivitásának meghatározására. Mindegyiknek megvannak az előnyei és hátrányai, és csak ezeknek a módszereknek a kombinációjával lehet pontos eredményt elérni. Az antioxidáns aktivitás mérésének módszereit két csoportra oszthatjuk (1. ábra). Vannak a hidrogénatom-átmenettel (HAT – hidrogen atom transfer) és az elektronátmenettel (SET – single electron transfer) kapcsolatos módszerek. A HAT módszerek elsősorban reakció kinetikán alapszanak, a minta szabadgyökbefogó képességét mérik (Ghiselli et al, 2000; Balogh, 2010). A SET reakciók általában színváltoztatással járnak, aminek mértékéből lehet az antioxidáns kapacitásra következtetni.



1. ábra: Az elektronátmeneten (SET) és a hidrogénatom-transzferen (HAT) alapuló módszerek reakciómechanizmusa (Forrás: Lewoyehu és mtsai., 2019)

A széles körben elterjedt elektronátmeneten alapuló módszerek közé tartozik a vasredukáló képességen alapuló antioxidáns kapacitás mérés (FRAP), a trolox ekvivalens antioxidáns aktivitás teszt (ABTS⁺/TEAC), az 1,1-difenil-1,2-pikrilhidrazil megkötésén alapuló módszer (DPPH), a réz-ionredukáló képességen alapuló antioxidáns kapacitás meghatározás (CUPRAC) és a teljes redukálóképesség mérése (TRC, Folin-Ciocalteu reaktivitás). Közöttük nem lehet éles határokat húzni, valójában a legtöbb nem enzimatisz antioxidáns aktivitás (például a szabad gyökök megkötése, a lipidperoxidáció gátlása stb.) redox-reakciók által közvetített. A mechanizmus alapján e két alapvető reakciómechanizmuson kívül a reaktív oxigénfajták (ROS) megkötő képességének vizsgálatát is figyelembe kell venni (Apak és mtsai., 2007).

A TRC az egyik leggyakrabban használt technika a teljes antioxidáns kapacitás értékelésére, amelyet általában a teljes polifenoltartalom (TPC) mérésére szolgáló módszernek neveznek. Az ebben a vizsgálatban használt Folin-reagens azonban nem specifikus a polifenolokra (Csepregi és mtsai., 2016).

A hidrogénatom-transzferen alapuló módszerek közé tartozó ORAC (oxigén gyök abszorpciós képessége) mérési technika – ezzel szemben – már kevésbé elterjedt a mézvizsgálatok során.

Széles körben bebizonyosodott, hogy a mézek antioxidáns tulajdonságai elsősorban botanikai eredetüktől függenek. (Džugan és mtsai., 2018). A méz színe és az antioxidáns aktivitás közötti összefüggés is bizonyított (Kus és mtsai., 2014, Salonen és mtsai., 2017, Combarros-Fuertes és mtsai., 2018, Halagarda és mtsai., 2020). Kisebb mértékben a környezeti és éghajlati viszonyok, a méhészeti technika és a tárolás is befolyásolhatják a méz antioxidáns hatását (Lewoyehu és mtsai., 2019).

2.2.5. A méz eredete, származása

A fizika és kémiai tulajdonságok mellett nem elhanyagolható a méz eredet szerinti meghatározása, amit kétféle szempont szerint lehet megtenni: földrajzi (geográfiai) származás szerint és növényi eredet (botanikai) szerint.

A földrajzi származás szerinti megkülönböztetésnek azért van jelentősége, mert hasonló botanikai eredetű (fajtajellegű) mézek az időjárás, klimatikus viszonyok, a növényfajok eltérő tulajdonságú egyedei, a talajviszonyok, a területen honos kísérő növényzet és az eltérő méhészkedési gyakorlat következtében gyakran eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek (pl. szín, íz, aroma, konzisztencia stb.) (Nikovitz, 1983).

A méz érzékszervi karakterisztikáját elsősorban a méhek által látogatott virágok, növények nektárjának a tulajdonsága, összetétele, azaz a méz botanikai eredete határozza meg. A fajtamézekre vonatkozó megkülönböztető jelzés csak abban az esetben használható, ha a méz az illető országban a fajtajelleg meghatározására előírt vizsgálati módszerrel bevizsgálva a szabvány szerinti követelményeknek megfelel. Persano Oddo és mtsai. (2004) vizsgálatai szerint a következő paramétereknek van legjobban megkülönböztető szerepe: szín, elektromos vezetőképesség, fajlagos forgatóképesség, diasztázaktivitás, savasság, fruktóz- és glükóztartalom. Sok országban a fajtaméz megnevezés nem növeli a piaci értéket, és a mézet botanikai eredet említése nélkül értékesítik, vagy más mézekkel keverik.

3. CÉLKITŰZÉSEK

3.1. Medvehagyma nektártermelésének vizsgálata

A lehetséges nektárhozam és összetétel ismerete, mint a mikroklimatikus és edafikus tényezők függvénye, különösen fontos a nagyüzemi méztermelés alapját adó nektárforrások, mint például a fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.) vagy a repce (*Brassica napus* L.) esetében a mérsékelt éghajlati övezetben. A vizsgálandó növények másik fontos alcsoportja a ritkább mézfajtákat adó nektárnövények, amelyek nektárjukban és/vagy mézükben specifikus hatóanyagok jelenléte miatt egyedi tulajdonságokkal rendelkezhetnek. Ez utóbbi csoportba tartozik a medvehagyma (*Allium ursinum* L.), a mérsékelt égövi vidékeken több természetes növénytársulásban előforduló gyógynövény.

Az *A. ursinum* tápanyagfüggősége jól ismert az irodalomból, mind a bőséges vízellátású élőhelyek (Trémolières és mtsai., 2009), mind a víztöbblet nélküli élőhelyek esetében (Ernst, 1978; Leuschner & Lenzion 2009; Blazewicz-Wozniak & Michowska 2011). Ezek a tanulmányok a talaj tápanyagai és az egész növény (különösen a levél és a gumó) morfológiája vagy biomasszája közötti kapcsolatra összpontosítanak, azonban nem tárgyalják a nektár tulajdonságait. Vizsgálatunk célja volt feltárni, hogy mely talajtulajdonságok voltak a legerősebb hatással a medvehagyma (*Allium ursinum* L.) nektárváltozóira, illetve milyen összefüggéseket találunk a társulás, a vizsgálati év és a nektárparaméterek között.

A nektárhozamot befolyásoló különféle ökológiai tényezők közül a talaj tulajdonságai ugyanolyan fontosak lehetnek, mint a mikroklimatikus jellemzők. A medvehagyma nektártulajdonságait befolyásoló talaj-jellemzők tanulmányozása céljából az eredeti élőhelyükről begyűjtött növényeket különböző talajtípusokban, de azonos mikroklimatikus viszonyok között tartottuk, hogy kizárjuk a virágzási periódus alatti mikroklimatikus viszonyok hatását. A következő kérdésekkel foglalkoztunk: (i) az *A. ursinum* mely nektártulajdonságait befolyásolják a mintavételi hely/talaj tulajdonságai; (ii) a talaj jellemzőinek hatása minden évben azonos-e; (iii) mely talajtulajdonságok befolyásolják a legnagyobb mértékben a nektártermelő virágok számát, valamint az egyes virágokban lévő nektár mennyiségét és cukortartalmát. Hipotéziseink a következők voltak: (i) a termőhelyek talajjellemzői közötti különbségek befolyásolják a nektárt termelő medvehagyma virágok számát, a termelt nektár mennyiségét és a cukortartalmat; (ii) a talajtényezők hatását az évente változó éghajlati tényezők módosíthatják.

3.2. Hazai mézek azonosítása pollenspektrum alapján, bioaktivitásuk vizsgálata, ásványi és toxikus anyagaik elemzése

A mézek minőségi paraméterei elsősorban botanikai eredetüktől függenek, amelyet a mézekben található pollen-összetétel és mennyisége határoz meg. Munkánk célja első lépésben a beszerzett mézminták azonosítása volt, azok pollenspektrumának pontos feltérképezésével. A nektárforrás detektálásával egyértelműen bizonyítható, hogy az adott méz fajtaméznek, vagy vegyes virágméznek tekinthető-e. Ennek alapján haladtunk tovább, és választottuk ki a valóban fajtamézeket tartalmazó csoportot; a fajtamézként vásárolt, de valójában vegyes virágméznek bizonyult mézmintákat; és a vegyesvirág mézeket, amelyek változatos virágpor tartalma szintén fontos információkat szolgáltatott.

A méz tulajdonságait kisebb mértékben bár, de befolyásolják egyéb környezeti tényezők, pl. a földrajzi eredet és az évszám is. Erre fókuszáltunk a repce- és medvehagyma (melyet a pollen-összetétel alapján kora tavaszi virágmézként azonosítottunk) mézmintáink esetén, amelyek két évszámából és több helyről származtak. Célunk ez esetben a fent említett két külső tényező lehetséges befolyásának tanulmányozása volt a vizsgált mézek antioxidáns paramétereire, makro- és mikroelem tartalmára. A toxikus anyagok kimutatását szintén a méz minőségi paraméterei közé választottuk, hiszen az emberi fogyasztásra való alkalmasságát bizonyítja.

A magyarországi fajtamézek és vegyesvirág mézek színének, bioaktivitásának, makro- és mikro- és toxikus elemtartalmának vizsgálatával olyan tulajdonság-készlet összeállítását terveztük, amely alapján az adott mézfajták jól azonosíthatók. Munkánk eredménye egyben hiánypótlás, ugyanis a szakirodalmak között a magyar mézekről ilyen szempontú és mélységű mézanalízis nem található. Továbbá a botanikai eredet, az antioxidáns kapacitás és az elemtartalom összefüggéséről szintén kevés adat áll rendelkezésünkre. Ennek megfelelően a kiválasztott mézek palettája a termesztett, bő nektártermelő növényekből származó mézeiktől, a viszonylag ritka, speciális mézekig terjedt, amelyet csak néhány méhészet készít mind hazánkban, mind világszerte.

Harmadik tanulmányunkban, az eddig szerzett tapasztalatainkat kamatoztatva, további összefüggések feltárását tűztük ki célul. Ehhez két különböző színű, észak-amerikai eredetű növény fajtamézét (amelyek közül a selyemfűméz hungarikum) és két hasonló színárnyalatú vegyesvirág mézet választottunk ki. Ez esetben célunk a vizsgált mézfajták botanikai eredetének pontos meghatározásán, bioaktivitásán és elemtartalmán kívül, a kétféle elven alapuló – SET és HAT - antioxidáns mérések összefüggéseinek felülvizsgálata volt a szín, pollen- és elemtartalommal. Komplex analízisünk további hozadéka, amelyet végső

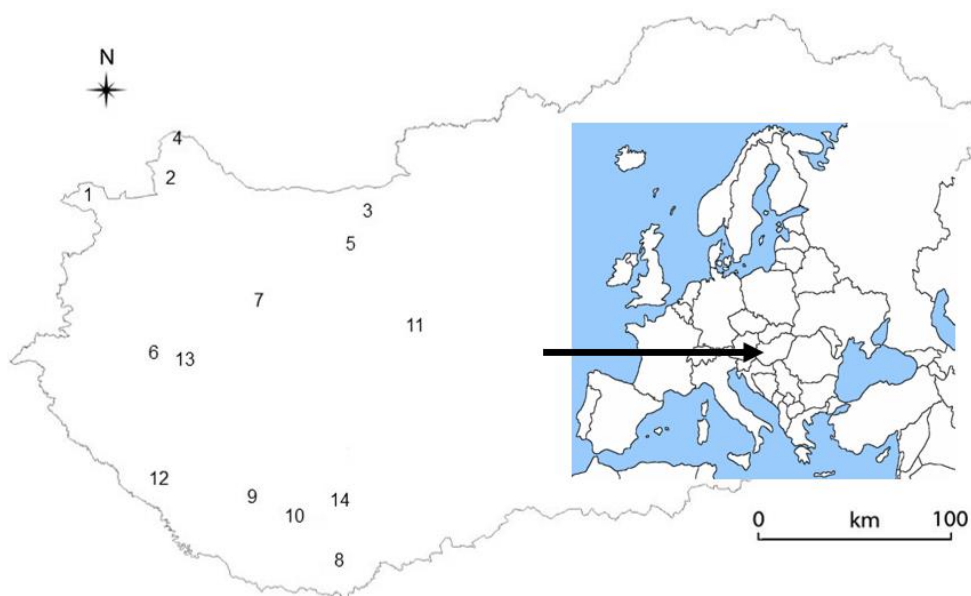
célkitűzésként fogalmaztunk meg, a vizsgált karakterkészletek összehasonlítása a mézeket pontosan azonosító és egymástól megkülönböztető hatások tekintetében.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. A medvehagyma nektártermelésének vizsgálata

4.1.1. Mintavételi helyszínek, a növények kiválasztása

Két különböző évben (2013 és 2015 áprilisában) a Dunántúl tizennégy különböző élőhelyéről (2. ábra) gyűjtöttük a medvehagyma példányokat, amelyeket eredeti talajukban, azonos mikroklimatikus viszonyok között ültettünk el a későbbi nektárvizsgálatok helyszínén. A mintavételi helyek között mezikus lombhullató erdők (tölgyes-gyertyános, bükkös és szurdokerdők) és hordalékos erdők (tölgy-köris-szil elegyes keményfás galériaerdő) szerepeltek (Kevey, 2008; Borhidi és mtsai., 2012). Ezek a növénytársulások eltérő ökológiai feltételeket biztosítanak az *A. ursinum* számára, de mindegyik társulásban ez a faj a domináns (70-100% / 400 m² közötti borítottsággal). Az első vizsgálati év eredményei nyilvánvalóvá tették, hogy mely élőhelyek (mintavételi helyek) voltak hasonlóak az edafikus viszonyok tekintetében. A második vizsgálati évben (2015) kizártuk a nagyon hasonló adottságú területeket és a vizsgálati helyek számát nyolcra csökkentettük, így minden növénytársulási típust egyetlen élőhely képviselt, kivéve a gyertyános-tölgyes társulásokat, amelyek kismértékben különböztek egymástól ökológiai körülményeik tekintetében, mint a vízellátás, talajparaméterek és expozíció.



2. ábra: Az *Allium ursinum* nektártermelés vizsgálatának mintavételi helyszínei
(Forrás: Bodó és mtsai., 2021)

Mindegyik vizsgálati helyen három illetve négy növényt választottunk ki véletlenszerűen 2013-ban, illetve 2015-ben, ugyanabban a fenofázisban (virágrügy-stádiumban, az antézis

előtt). Mindegyik növényt az eredeti talajjal együtt külön cserépbe ültettük. Ezt követően a növényeket azonos körülmények között tartottuk egy természetihelyiségben. Mesterséges megvilágítást nem alkalmaztunk, a növények ablakon keresztül, közvetlen besugárzás nélkül kaptak természetes fényt. A növényeket esővízzel öntöztük, hogy a talaj nedves maradjon. A cserepeket napi rendszerességgel forgattuk, hogy biztosítsuk az azonos feltételeket. Ezzel az elrendezéssel az volt a célunk, hogy a különböző mintavételi helyről származó növényeket azonos fény-, hőmérséklet- és páratartalom mellett tartsuk, annak érdekében, hogy az eredeti élőhelyek különböző talajtípusai által okozott eltérésekre fókuszáljunk. A mérések előtt a növényeket hét napig hagytuk alkalmazkodni az új körülményekhez, miközben rendszeresen öntöztük őket.

4.1.2. Talajvizsgálat

A talajparaméterek nektártermelésre gyakorolt hatásának megállapítása érdekében teljes talajelemzési protokollt végeztünk, élőhelyenként 3 párhuzamos mintán. Összesen 13 természetes *A. ursinum* populációból gyűjtöttünk talajmintákat 2013-ban. Minden helyszínről három talajmintát vettünk, 25-30 cm mélységből, közvetlenül a vizsgált növények gyökereinek környékéről. Az elemzés előtt minden mintát megőröltünk, levegőn szárítottunk, és megtisztítottunk a növényi részekről, törmelétről és makroszkopikus élőlényektől. A talajmintákat 2 mm-es lyukbőségű szitával szitáltuk. A talajvizsgálatot a magyar szabványok szerint a Kaposvári Egyetem Akkreditált Talajlaboratóriumában (104/2015/LAB/NÉBIH) végeztük. A vizsgált talajparaméterek közé tartozott az Arany-féle kötöttségi szám (PA), pH(KCl), pH(H₂O), kalcium-karbonát (CaCO₃), szerves anyag (humusz), vízben oldódó sók (sótartalom), nitrogéntartalom [nitrit (NO₂) + nitrát (NO₃)], vas, kálium-oxid (K₂O), magnézium, mangán, foszfor, cink, szulfát (SO₄) és réz. A talaj nitrogén-, magnézium- és kén-tartalmát az 1 M KCl-kezeléssel kapott frakcióból határoztuk meg. A N-tartalmat (NO₂+NO₃ mérés) spektrofotometriásan határoztuk meg 540 nm-en áramlási befecskendezéses analizátorral, az ISO 14255 szabvány szerint; ISO 14255:1998. A magnézium és kén (SO₄) tartalmát induktív csatolású plazma (ICP) optikai spektrométerrel határoztuk meg az MSZ 20135:1999 magyar szabvány szerint. A talaj foszfor- (PO₄), kálium- (K₂O), nátrium- és kalciumtartalmát az ammónium-laktátos kezeléssel nyert frakcióból ULTIMA 2 JY ICP OES spektrométerrel határoztuk meg. A talaj vas-, cink-, réz- és mangántartalmát az EDTA kezeléssel nyert frakcióból határoztuk meg, ICP-vel mérve az MSZ 20135:1999 magyar szabvány szerint. A különböző elemek kimutatására a talajmintákat salétromsav (HNO₃) és hidrogén-peroxid (H₂O₂) oldattal roncsoltuk. A humusztartalom meghatározásához a teljes

szerves szén (TOC) tartalmat standard nedves kémiai technikával mértük. A mért talajminta 0,5-1 g volt (MSZ 21 470-52:1983). A szerves anyagok oxidációja kálium-dikromáttal ($K_2Cr_2O_7$) kénsavban (H_2SO_4) történt a Walkley-Black eljárás (Tiessen & Moir, 1993) alapján. A krómionok (Cr^{3+}) spektrofotometriás mérését UV-1800 Shimadzu spektrofotométerrel végeztük 590 nm-en, mivel a Cr^{3+} mennyisége egyenes arányban van a TOC mennyiségével. A humusztartalmat a következő egyenlettel számítottuk ki: $humusz = TOC * 1,724$. A karbonáttartalom meghatározása Scheibler kalciméterrel történt volumetrikus módszerrel (Šenlikci és mtsai., 2015) (ISO 10693:1995, IDT) (MSZ-08-0206-2:1978). A talaj vízkapacitását Arany-típusú kötöttségi szám (PA) segítségével határoztuk meg, amelyet ionmentesített vizes titrálással mértek (Valkó és mtsai., 2014) (MSZ-08 0205:1978). A teljes sótartalmat a PA meghatározása során a folyadékhatárt elérő talajmintákból Orion 5-Star vezetőképesség-mérővel elektromos vezetőképesség méréssel határoztuk meg (MSZ-08-0206-2:1978). A pH-értéket (KCl és H_2O) Orion 5-Star vezetőképesség-mérővel elektrometriásan mértük 24 óra elteltével (Čapka és mtsai., 2009) (MSZ-08-0205:1978). A mértékegységek a következők voltak: PA: mértékegység nélküli szám; humusztartalom: %; karbonáttartalom és vízben oldott összes só: m/m %; egyéb: mg/kg.

4.1.3. Nektármérés

A nektár mérése előtt 24 órával, közvetlenül az antézis előtt az *A. ursinum* virágokat szúnyoghálóval fedtük le, hogy kizárjuk a viráglátogató rovarokat. A nektárt egyedenként 20-30 pollenszóró virágból mértük, 2013-ban 3, míg 2015-ben 4 cserépből, minden mintavételi napon 15:00 és 18:00 óra között. A nektárt mikrokapilláris módszerrel gyűjtöttük a magház tövéből. Azt a standard nektármintavételi eljárást alkalmaztuk (McKenna & Thomson, 1988; Jablonski, 2002; Antoń és mtsai., 2017; Power és mtsai., 2018; Denisow és mtsai., 2018; Božek, 2019), amely korábbi vizsgálatainkban megbízhatónak bizonyult (Farkas és mtsai., 2012), és összehasonlíthatóvá tette eredményeinket a korábbi adatokkal, ahol szintén mikrokapilláris módszert alkalmaztak (Jarić és mtsai., 2010; Adgaba és mtsai., 2017). A nektár szárazanyag-tartalmát, amely gyakorlatilag megfelel a cukortartalmának – tömegszázalékban kifejezve – kézi refraktométerrel (ATAGO N-50E) mértük.

4.1.4. Statisztikai elemzés

Az *A. ursinum* összes nektár-jellemzőjét lineáris vegyes modellekkel elemeztük lm4-csomag segítségével (Bates és mtsai., 2014). Minden modellnél az évet és a termőhelyet rögzített faktorként, az egyedeket pedig véletlenszerű faktorként kezeltük, hogy figyelembe vegyük az egyes vizsgált növények közötti egyéni különbségeket. A nektárt termelő virágok arányának meghatározásához $\log_e +1$ transzformációt végeztünk. A transzformáció Crawley szerinti grafikus értékelésen alapult (Crawley, 2014). A hipotézisek tesztelését Chi-négyzet tesztekkel végeztük. A páronkénti összehasonlításhoz Tukey post-hoc tesztekkel végeztünk mindkét esetben multcomp csomaggal (Fijen és mtsai., 2020), hogy össze tudjuk hasonlítani az összes kísérleti elrendezés közötti különbségeket.

Annak vizsgálatára, hogy a mért talajjellemezők hogyan befolyásolják az *A. ursinum* egyes nektárprodukcións paramétereit, többszörös lineáris regressziót alkalmaztunk lm4-csomag segítségével (Heinrichs és mtsai., 2018). A modellekben a talajjellemezőket fix faktorként, míg a mintavételi helyeket véletlenszerű faktorként kezeltük az egyes vizsgált populációk közötti különbségek figyelembevétele érdekében. A hipotézisvizsgálatot Chi-négyzet próbákkal végeztük, és az összefüggés további vizsgálatához a szignifikáns talajparaméterekre r^2 értékeket számoltunk.

4.2. Hazai mézek komplex bioaktivitás vizsgálata és a méz ásványi anyagainak elemzése

4.2.1. A vizsgált mézek érzékszervi karakterisztikája és botanikai eredete

A vizsgált mézmintákat termelőktől szereztük be. A repce és a – medvehagyma mézként vásárolt – kora tavaszi virágmézek, illetve a fajtamézek többsége Magyarország dél-dunántúli régiójából származtak, kivéve a selyemfű mézet, amely az alföldi régió méhlegelőiről származott. A mintákat sötét helyen, szobahőmérsékleten (20-21°C) tároltuk maximum 3 hétig. A repce mézminták 4 különböző helyről (Kaposmérő, Marcali, Alsónemesapáti, Algyő), két egymást követő évből (2014, 2015) származtak. A kevésbé gyakori „medvehagyma” mézek 3 helyszínről (Bakony, Bánya, Mecsek), két egymást követő évben gyűjtött minták voltak (2014, 2015). A fajtamézek és a vegyes virágmézek 2018-ban készültek. A méréseket 3 párhuzamos biológiai ismétlésben végeztük.

4.2.2. Melisszopalinológiai analízis

A mézek domináns pollen-készletének kvalitatív és kvantitatív mikroszkópos elemzését Von Der Ohe és mtsai. (2004) alapján végeztük apróbb módosításokkal. A mézmintákat 45-50°C-os vízfürdőben melegítettük, hogy a kristályos részecskék feloldódását követően üvegbotlal homogenizálni tudjuk. Mindegyik mintából 10-10 g-ot oldottunk fel 20 ml meleg (<40°C) desztillált vízben. Az oldatokat 1000 g-s fordulaton Eppendorf centrifugán 10 percig, 21°C-on centrifugáltuk, majd leöntöttük a felülúszót. Az üledéket desztillált vízzel 10 ml-re egészítettük ki, majd újból centrifugáltuk 5 percig. Az üledéket 0,25 ml desztillált vízzel szuszpendáltuk. Lakkfilctollal egy-egy 20x20 mm-es négyzetet rajzoltunk a tárgylemezekre, majd az egyes mézminták pollen-szuspenzióját szétoszlattuk ezen a területen. Két tárgylemezt készítettünk minden mézmintához. A tárgylemezeket 40°C-on szárítottuk Medite OTS 40 melegítőlapon, majd pár csepp fukszin-glicerin-zselatint csepegtettünk rájuk (Beattie, 1971). Az egyes pollentípusok mennyiségi meghatározásához legalább 500 pollenszemet számoltunk le egy-egy tárgylemezeről fénymikroszkóp alatt 400x-os nagyításon. A pollen-taxon százalékos gyakoriságát minden mintában kiszámoltuk.

A pollen típusokat a 4 gyakorisági csoport egyikébe soroltuk: túlsúlyban lévő/nagyon gyakori (domináns) pollen típus (>45%-a az összes megszámlált pollenszemnek), másodlagos/gyakori pollen típus (16%-45%), ritka pollen típus (3%-15%), és egyedi pollen típusok (<3%). A mézmintákat akkor minősítjük fajtaméznek (uniflorálisnak), ha egy domináns pollen típust tartalmaz. Egyéb esetben vegyes virágmézként (multiflorálisként) értékeljük.

A mézminták lehetséges botanikai eredetének megállapításához figyelembe kell venni a pollen reprezentációs osztályokat úgy, mint az alulreprezentált mézek (I. osztály, <20.000 db pollen/10 g méz), normál reprezentált mézek (II. osztály, 20.000-100.000 db pollen/10 g méz), felülreprezentált mézek (III. osztály, 100.000-500.000 db pollen/10g méz), erősen felülreprezentált mézek (IV. osztály, 500.000-1000.000 db pollen/10 g méz) és préselt mézek (V. osztály, >1000.000 db pollen/10 g méz). A méz abszolút pollenszámát (azaz a pollenszemek száma 10 g mézben) haemocytometer segítségével számoltuk meg 100x nagyítás alatt.

A mézharmat vagy édesharmat elemek (HDE) a gomba spórák és hifák, algák, és a méhek által termelt viaszrészecskék. Ezek gyakoriságának meghatározásához minden méznél kiszámoltuk a HDE/P arányt, tehát mézharmat elemek előfordulási arányát az összes pollenszámhoz képest (Louveaux és mtsai., 1978; Song, 2012).

4.2.3. Színintenzitás meghatározása (ABS₄₅₀)

A mézet 50% (w/v)-ra hígítottuk meleg (45-50°C-os) vízzel, és leszűrtük (0,45 µm pórusméreten). A nettó abszorbancia értéket a 450 és 720 nm-en mért elnyelés közötti különbségként határoztuk meg, Shimadzu UV-1800 spektrofotométer segítségével, majd az eredményeket milli-abszorbancia egységben (mAU) adtuk meg (Beretta és mtsai., 2005).

4.2.4. Antioxidáns kapacitás mérés

4.2.4.1. Teljes redukálóképesség (TRC) meghatározása

A teljes redukálóképesség meghatározása egy egyszerű és megbízható módszer, (amelyet gyakran helytelenül, a teljes polifenoltartalom meghatározásának neveznek) gyakran alkalmazzák a különböző uni- és multiflorális mézek antioxidáns potenciáljának jellemzésére (Aljadi & Kamaruddin, 2004; Beretta és mtsai., 2005; Bertonecelj és mtsai., 2007; Chua, és mtsai., 2013; Gorjanović és mtsai., 2013; Isla és mtsai., 2013; Silva és mtsai., 2013).

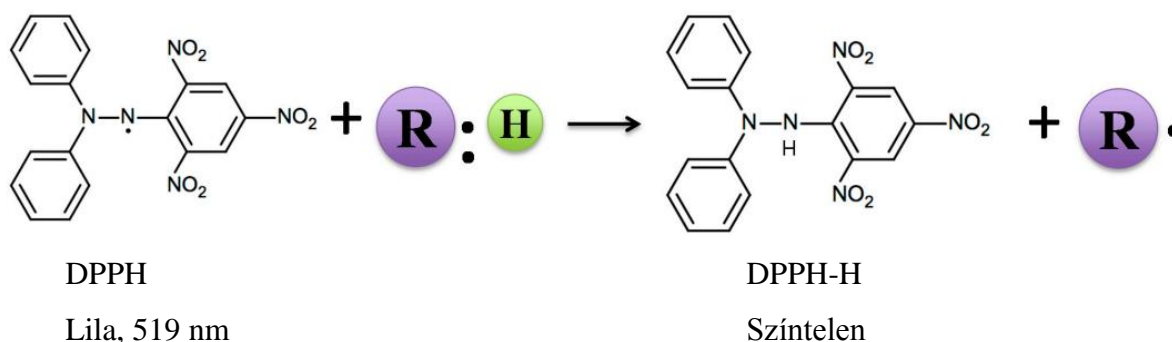
A teljes redukálóképességet Folin-Ciocalteu módszer segítségével határoztuk meg Singleton és mtsai. (1999) leírása szerint, apróbb módosításokkal. A Folin-Ciocalteu reakció egy elektrontranszferen alapuló vizsgálat, amely egy antioxidáns redukív kapacitását méri. Széles körben alkalmazzák növényi eredetű élelmiszerek és biológiai minták reaktivitásának meghatározására.

A méréshez minden mézmintából kimértünk 0,1 g-ot, feloldottuk 1 ml desztillált vízben, és a kapott oldatból 0,05 ml-t hozzáadtunk 100 µl 10% Folin-Ciocalteu reagenshez, 300 µl desztillált vízhez és 400 µl %-os Na₂CO₃ oldathoz. Az abszorbanciát 20 perc után, 760 nm-en

határoztuk meg. Az eredményeket mg galluszsav ekvivalens (GAE) kg⁻¹ mézben adtuk meg. Galluszsav 50-200 µg ml⁻¹ hígítási sorát használtuk a kalibrációs görbéhez.

4.2.4.2. DPPH semlegesítésén alapuló antioxidáns kapacitás mérés

A stabil DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) gyök megkötésén alapuló mérés a legrégebbi antioxidáns kapacitást vizsgáló módszerek közé tartozik. A sötétlila színű gyök a mintában lévő antioxidánsokkal reagálva elveszti a színét, mely színváltozást 517 nm-en tudjuk mérni spektrofotométerrel (3. ábra).



3. ábra: A 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) reakciómechanizmusa antioxidánssal. R:H = antioxidáns gyökfogó; R = antioxidáns gyök (Forrás: Liang & Kitts, 2014)

Széles körben alkalmazott módszer, amely a TEAC-hoz hasonlóan, az élő szervezetben nem képződő gyököt használ (Frankel & Meyer, 2000), így ennél a módszernél sem lehet megbizonyosodni arról, hogy a minta antioxidánsai a biológiai gyökökkel szemben mennyire reaktívak. A módszer fény-, oxigén, pH és oldószerfüggő (Prior & Cao, 1999).

A mérést Beretta és mtsai (2005) és Bertoneclj és mtsai (2007) által kidolgozott módszer alapján végeztük, plate reader-re adaptálva. A méréshez 4 mg DPPH-t 50 ml 96%-os abszolút etanolban (200 µmol L⁻¹) feloldottunk, és hűtőben tároltuk. A Trolox standardokat 100 mM 5.5 pH-jú acetát-puffer (100 mM ecetsav és 100 mM nátrium-acetát-trihidrát) segítségével készítettük el, 0-180 µmol L⁻¹ közötti koncentrációban. A mézmintákból vizes kivonatokat készítettünk (0-120 w/v%), és 50 µl-t hozzáadtunk 95 µl DPPH oldathoz és 50 µl acetát-pufferhez. A kalibrációs görbe elkészítéséhez ugyanígy mértük össze az oldatokat, csak mézkivonat helyett a Trolox standardot használtuk. Az abszorbancia méréshez 96 lyukú plate-et alkalmaztunk. Plate rázóval ráztunk, majd 60 percig sötétben, szobahőmérsékleten inkubáltuk, majd ismét ráztunk, és 517 nm-en, plate reader (Perkin Elmer) segítségével megmértük a minták abszorbanciáját. A szabadgyök-elnyelő aktivitást IC₅₀-ben adtuk meg, ami

a méz minta azon koncentrációját jelöli, ami a DPPH gyök 50%-ának megkötéséhez szükséges. Az eredmények kiszámítását lineáris regresszió analízissel végeztük.

4.2.4.3. Oxigéngyök elnyelő kapacitás (ORAC)

Az ORAC mérés egy viszonylag egyszerű, érzékeny, de megbízható módszer a mintában lévő antioxidánsok oxigéngyök-elnyelő képességének mennyiségi meghatározására. Az antioxidánsok védik a fehérjét az oxidációtól. A mérés során β -fikoeritrin (β -PE) használunk indikátor fehérjeként, amely a peroxilgyökökkel ($\text{ROO}\cdot$) reagálva oxidatív sérülést szenved, ezért az általa kibocsátott fluoreszcens jel intenzitása csökken. Antioxidánsok jelenlétében ez a reakció gátlódik. Az AAPH (2,2'-azobis(2-amidinopropán) dihidroklorid), peroxilgyök generátorként működik a reakció során, míg kontroll standardként Troloxot (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilkróm-2-karboxilsav, a vízdékony E-vitaminnal analóg) használunk. A vizsgálat egyedisége, hogy a minta teljes antioxidáns kapacitását úgy becsüli meg, hogy az oxidációs reakció lezajlik. Ezen a ponton az összes nem fehérje típusú antioxidáns (beleértve az α -tokoferolt, a C-vitamint, az E-karotint, a húgysavat és a bilirubint), és a mintában lévő albumin nagy részét a peroxilgyök oxidálja (Cao, 1993).

A vizsgálatot Patay és mtsai. (2016) és Kőszegi és mtsai. (2017) leírása alapján végeztük. Fluoreszcein oldatot (400 nm L^{-1}) és AAPH oxidánst (400 mmol L^{-1}) – frissen, közvetlenül a mérések előtt – feloldottunk 75 mmol L^{-1} pH 7,5-es kálium-foszfát pufferben (KH_2PO_4 és K_2HPO_4 elegye). A Trolox standardokat is kálium-foszfát pufferben készítettük el (0 - $160 \mu\text{mol L}^{-1}$). A mérést 96 lyukú plate-en (Perkin Elmer) végeztük. A plate széli részeit – hőköpeny létrehozása céljából – $200 \mu\text{L}$ foszfát pufferrel töltöttük fel, és csak a belső 6×10 -es mátrixot használtuk a vizsgálathoz. A lyukakba $25 \mu\text{L}$ -t mértünk a vakból, a standardból, illetve a mintákból és $150 \mu\text{L}$ fluoreszcein oldatot adtunk hozzá, majd 37° -on sötétben inkubáltuk, 30 percig. Ezt követően $25 \mu\text{L}$ AAPH oldatot injektáltunk a lyukakba a plate reader (Biotek Synergy HT) automata injektor segítségével és újból 37°C -ra melegítettük. A fluoreszcencia intenzitás változását 80 percig ($490/520 \text{ nm}$ -es hullámhosszon), 2 percenként mértük. Az antioxidáns kapacitás értékeket $\mu\text{mol Trolox ekvivalens (TE) g}^{-1}$ egységben adtuk meg.

4.2.4.4. Troloxra vonatkoztatott antioxidáns kapacitás meghatározása TEAC módszerrel

A módszer egy mesterségesen előállított szabad gyök, az ABTS kation gyök ($\text{ABTS}\cdot^+$) mennyiségének mérésén alapul. Az ABTS gyök oldata kék színű, antioxidáns hatására a gyök semlegesítődik, és a kék szín elhalványodik. Így a kevesebb $\text{ABTS}\cdot^+$ -t tartalmazó oldat

abszorpciója kisebb, amit spektrofotométerrel követhetünk. Az ABTS^{•+} előnye, hogy viszonylag stabil, kémiaiilag könnyen előállítható, és sokféle antioxidáns képes semlegesíteni.

Az ABTS^{•+} oldat elkészítéséhez 50 mM pH 6,0 foszfát pufferbe pipettáztunk 0,1 mM ABTS-t, 0,0125 mM peroxidáz enzim oldatot és 1 mM hidrogén-peroxid oldatot. Negyed óra elteltével 1 ml ABTS^{•+} oldathoz 100 μ L (1:10 arányban desztillált vízzel hígított) mézet adtunk, majd az abszorbancia csökkenését 725 nm-en követtük nyomon. A kalibrálást itt is Trolox-szal (0,004-0,02 μ M) végeztük. Az eredményeket μ mol TE 100 g⁻¹ méz értékben adtuk meg (Re és mtsai., 1999).

4.2.5. Makro- és mikroelem tartalom meghatározás

A makro- és mikroelem tartalom meghatározását induktív csatolású plazma atomemissziós spektrometriával (továbbiakban ICP-AES) végezték a PTE Szőlészeti és Borászati Kutatóintézetben. A 20 különféle elem vizsgálata ICPE-9000 készülékkel a következő működési paraméterekkel történt: rádiófrekvenciás generátor teljesítménye 1,20 kW, a plazma gáz áramlási sebessége 10,0 L/min, segédgáz áramlási sebessége 0,60 L/min, vivőgáz áramlási sebessége 0,70 L/min. A mérés előtt a mézmintákat előkezelték Multiwave 3000 mikrohullámú feltáró rendszerrel, melyben minden mézmintából 1 g-ot három lépésben kezelték: 300 W-on 5 percig, 1000 W-on 5 percig és 1400 W-on 20 percig. A készüléket szervesetlen referencia standardokkal kalibrálták az egyes elemekhez. A minőségellenőrzést nagy tisztaságú, makro- és mikroelemeket tartalmazó standard oldattal biztosították. A visszanyerési tesztet repceméz 20 ppm ICP többelemes standard keverékkel való felszívásával végezték. A visszanyerés hatásfoka a 20 elemre nézve 93,8 és 111,5% között mozgott. Minden mérést három ismétlésben végezték el.

1. táblázat: Makro- és mikroelem tartalom vizsgálatának alsó méréshatár értékei (LOD)

Kémiai elem	Alsó méréshatár (LOD, mg kg ⁻¹)
Kálium (K)	15.0
Kalcium (Ca)	10.0
Kén (S), Nátrium (Na)	5.0
Magnézium (Mg)	2.0
Foszfor (P)	1.5
Bór (B), Alumínium (Al)	1.0
Vas (Fe), Ólom (Pb)	0.5
Arzén (As), Kadmium (Cd), Kobalt (Co), Króm (Cr), Réz (Cu), Mangán (Mn), Molibdén (Mo), Nikkel (Ni), Vanádium (V), Cink (Zn)	0.1

4.2.6. Statisztikai elemzés

A méréseket három biológiai ismétlésben végeztük el. A statisztikai elemzést az Excel® (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) és a PAST (Paleontological statistics Software Package) 3.11 verziójával, 5%-os szignifikancia szint ($p < 0,05$) alkalmazásával végeztük (Hammer és mtsai., 2001). A normalitás vizsgálat Shapiro-Wilk teszttel készült. Az adatokat átlag \pm szórással (SD) adtuk meg, korrelációs mátrixnál 5% ($p < 0,05$), 1% ($p < 0,01$) és 0,1% ($p < 0,001$) szignifikancia szinteket határoztunk meg. A páronkénti összehasonlításhoz Student's t-tesztet alkalmaztunk. A mért paraméterek közötti kölcsönhatást Pearson-féle rangkolleráció segítségével vizsgáltuk. A fajtamézek közötti kapcsolatot az összes mért paraméter figyelembe vételével, főkomponens analízissel (PCA) és az R 3.5.3. statisztikai program ggfortify 0.4.8. csomagjának használatával elemeztük (Horikoshi és mtsai., 2016). A tárgyponatok (mézfajták) közötti távolságokat euklideszi távolságokkal számoltuk.

5. EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

5.1. Az élőhely és a talaj-jellemzők hatása az *Allium ursinum* nektártermelésére

5.1.1. Az élőhely hatása az *Allium ursinum* nektártermelő virágainak arányára, a nektártérfogatra és a nektár koncentrációjára

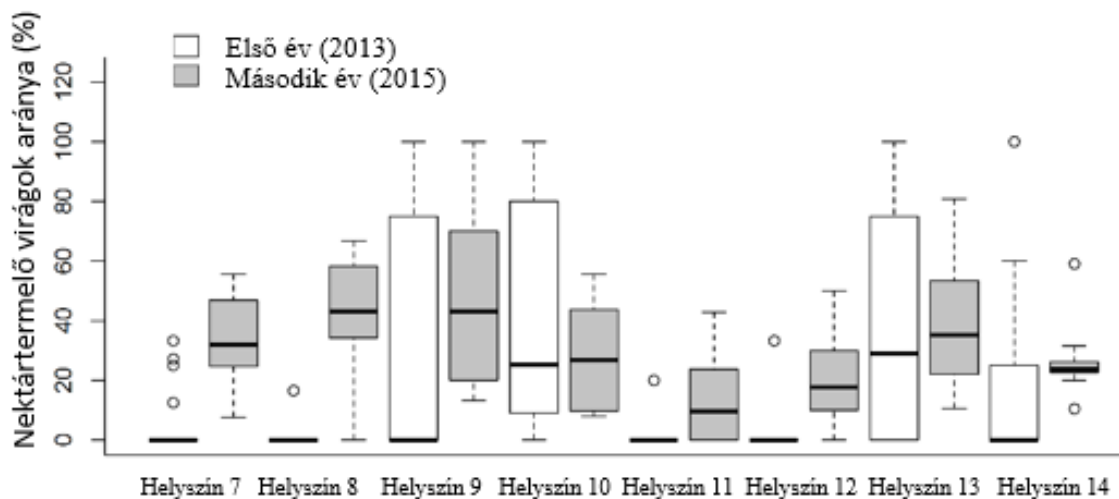
Az *A. ursinum* nektártermelő virágainak aránya az első vizsgálati évben 0,0-82,8% között, míg a második évben 3,9-55,7% között mozgott (2. táblázat). Megállapítottuk, hogy mind a mintavételi évek, mind a helyszínek, sőt ezek kölcsönhatása is jelentősen befolyásolta ezt a paramétert (4. ábra). A nektártermelő virágok arányát a termőhely erősebben befolyásolta ($df=7$; $\chi^2=69,043$; $p<0,001$ ***), mint az évjárat ($df=1$; $\chi^2=15,477$; $p<0,001$ ***). Az élőhelyek közötti különbségek főként annak tudhatók be, hogy egyes helyeken a virágok nagy része egyáltalán nem termelt nektárt. Az egyes virágok nektártérfogatának a mérési évekhez való viszonyát elemezve erősen szignifikáns összefüggést találtunk ($df=1$; $\chi^2=83,641$; $p<0,001$ ***), míg kisebb, de szignifikáns eltérést tapasztaltunk a helyszínek ($df=7$; $\chi^2=14,233$; $p<0,05$ *) és az év-helyszín interakció ($df=7$; $\chi^2=18,325$; $p<0,05$ *) tekintetében (5. ábra). Egyetlen esetben (1. évben a 7. és 14. élőhely) volt statisztikailag alátámasztott különbség (Tukey-teszt: t -érték=3,750; $p<0,05$ *) ugyanabban az évben két élőhely között, illetve egy másik esetben pedig a különbség (1. év 9. és 14. élőhely között) közel szignifikáns volt (Tukey teszt: t -érték=3,303; $p=0,053$). Az egyes növények összes nektártérfogatában azonban jelentős eltérést nem lehetett kimutatni sem a termőhelyek, sem az évek között. Összehasonlítva az *A. ursinum* 2013-ban és 2015-ben mért nektártermelését a korábbi magyarországi mérésekkel (Farkas et al., 2012), a jelenlegi vizsgálatban magasabb nektártérfogat maximumértékeket ($5,5 \mu\text{L virág}^{-1}$) mértünk, mint az előzőben ($3,8 \mu\text{L virág}^{-1}$). Ugyanakkor jelen vizsgálatban, 2013-ban és 2015-ben a nektár kevésbé koncentrált, átlagosan $27,00\pm 12,30\%$ volt, $1-47\%$ szélsőértékek mellett, szemben a 2012-ben mért átlagos $36,57\pm 3,62\%$ -os cukortartalommal, $25-55\%$ közötti szélsőértékekkel. Ezt a megállapítást az magyarázhatja, hogy korábbi vizsgálatunkat (Farkas et al., 2012) a növények eredeti élőhelyein végeztük, ahol a transzspiráció szerepe hangsúlyosabb lehetett, aminek következtében a medvehagyma virágokban kevesebb, de koncentráltabb nektár található. Az eredmények erősen szignifikáns ($df=1$; $\chi^2=26,501$; $p<0,001$ ***) különbséget mutattak az évek között az átlagos nektártérfogat tekintetében, amely $0,1$ és $5,5 \mu\text{L virág}^{-1}$ között változott. Az *A. ursinum* egyedek átlagosan $0,74\pm 0,71 \mu\text{L}$ nektárt termeltek virágonként. Az első évben a legnagyobb átlagos nektármennyiséget a gyertyános-tölgyesek, a nedves szurdokerdők és a leromlott tölgy-köris-szil galériaerdők növényeiben mértük. A mindkét évben vizsgált élőhelyek nektármennyiségi adatait összehasonlítva az első évben két

kiemelkedő értéket mértünk (10. és 14. lelőhely), bár ezek csak a második év adataitól tértek el szignifikánsan más lelőhelyekhez képest, míg az első évben nem. Egyes mintavételi helyeken (7., 8., 11., 12. lelőhely) a két év közötti nektártérfogatban tapasztalható jelentős eltérések abból adódnak, hogy – többnyire az első évben – a véletlenszerű mintavétellel kiválasztott egyedek ezeken az élőhelyeken gyakorlatilag nem termeltek nektárt. A két év között erősen szignifikáns különbség volt az egyes virágok nektárjának cukortartalmát illetően ($df=1$; $\chi^2=57,867$; $p<0,001^{***}$) (6. ábra), és kisebb, de statisztikailag releváns eltérést találtunk az élőhelyek között is ($df=7$; $\chi^2=23,776$; $p<0,01^{**}$). Továbbá, 2015-ben a nektár cukorkoncentrációja ugyanabban az évben különbözött a különböző helyszíneken. A 8. és 11. élőhely esetében az első évben – a nagyon alacsony nektártérfogat vagy a nektár hiánya miatt – cukortartalmat nem tudtunk mérni, így ezek nem kerültek be az elemzésbe. Ezen túlmenően, az „Év x Helyszín” interakció rendkívül szignifikáns volt ($df=7$; $\chi^2=41,428$; $p<0,001^{***}$). Az *A. ursinum* növények által termelt nektár átlagos cukorkoncentrációja az első évben $30,5\pm 6,04\%$, a második évben $34,09\pm 3,92\%$ volt, míg az egyes virágokban $10,0-45,0\%$, illetve $25,0-47,0\%$ volt. A nektár átlagos cukorkoncentrációja az egyes egyedekben szignifikánsan különbözött a két évben a legtöbb helyen ($df=1$; $\chi^2=9,946$; $p<0,01^{**}$), kivéve a 10. és 12. élőhelyet. Szignifikáns különbség nem volt felfedezhető a helyszínek tekintetében ($df=7$; $\chi^2=6,106$; $p=0,527$), de az „Év x Helyszín” interakció igen szignifikáns volt ($df=7$; $\chi^2=24,176$; $p<0,001^{***}$).

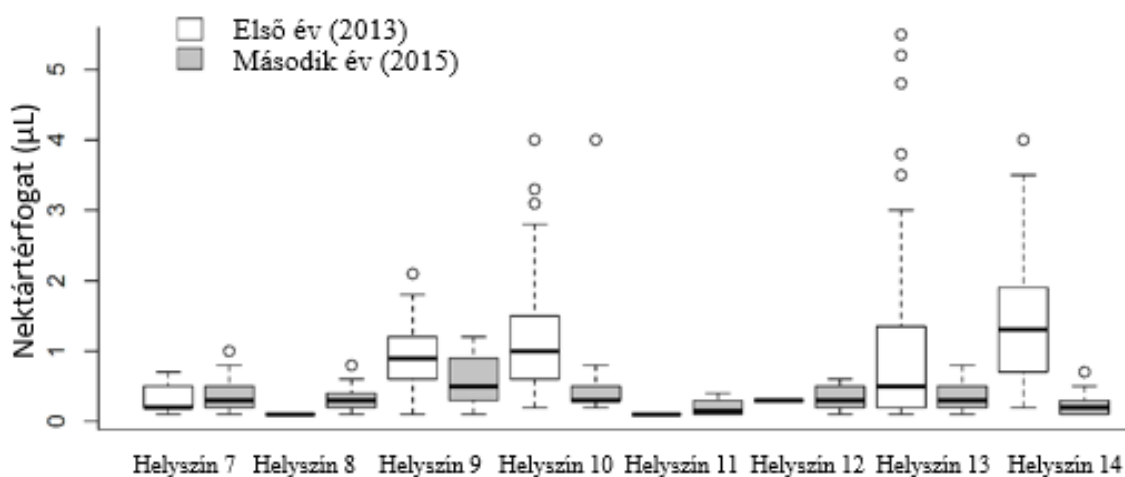
Vizsgálatunk tehát kimutatta, hogy az egyes *A. ursinum* növények teljes nektártérfogata és a vizsgálati helyszínek vagy évek között nem állt fenn szignifikáns kapcsolat; míg az egyes virágok nektárcukor-koncentrációja szignifikánsan különbözött a termőhelyek és a vizsgálati évek függvényében. A szekretált nektár mennyisége és a nektár cukorkoncentrációja évtől függőnek bizonyult a *Campanula patula* (Denisow et al. 2018) és a *Hyacinthus orientalis* (Božek, 2019) esetében is, de az *Oenothera* fajok esetében nem mutattak ki különbséget az évek között az egy fajon belül egy virág által termelt nektár össz mennyiségét tekintetbe véve (Antoń et al. 2017). Eredményeinkkel ellentétben Bareke és mtsai. (2020) a *Croton macrostachyus* L. vizsgálata során kimutatták, hogy a vizsgálati helyek szignifikánsan befolyásolták az átlagos nektártérfogatot, azonban az átlagos nektárkoncentrációt nem. Ezek az eredmények azt sugallják, hogy a nektár tulajdonságait fajspecifikus módon befolyásolhatja mind a vizsgálati hely, mind az éghajlati és talajtényezők éves változása.

2. táblázat: Az *Allium ursinum* mintavételi helyeinek jellemzői, az összes mintavételezett virágszámmal és a nektárt termelő virágok arányával. A növénytársulásokat Kevey (2008) és Borhidi et al. (2012) alapján soroltuk be.

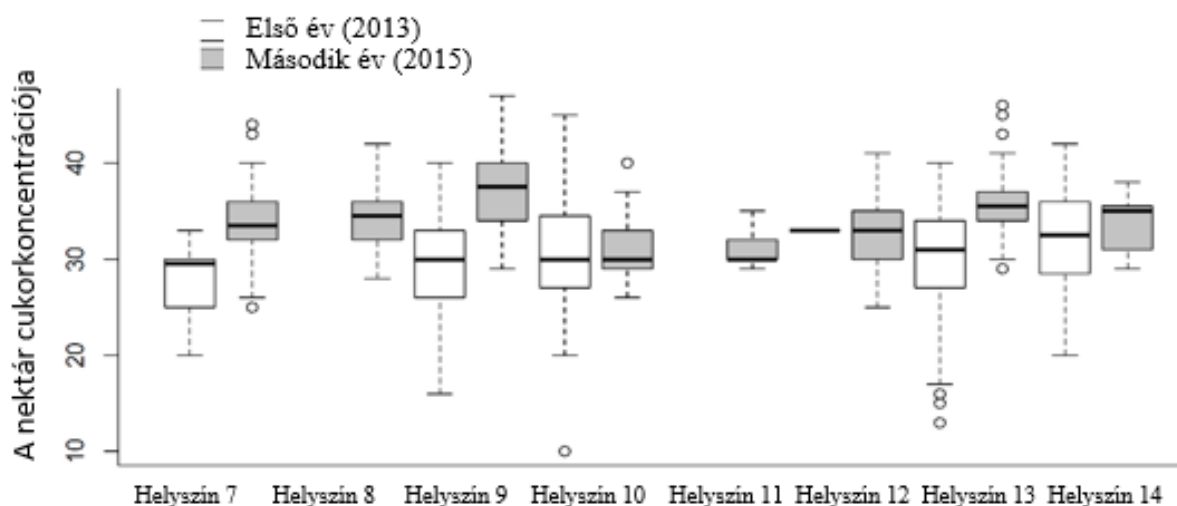
Minta- vételi hely	Helyszín neve	GPS koordináták	Vegetáció típusa, talaj típusa	Növénytársulás neve	Vizsgált virágok száma		Nektártermelő virágok aránya	
					2013	2015	2013	2015
1	Ágfalva	n47°41.253 e16°31.372	Dunántúli gyertyános- tölgyes, barna erdőtalaj	<i>Cyclamini purpurascenti-Carpinetum</i> Csapody ex Borhidi & Kevey 1996	207	-	19.3	-
2	Jánossomorja	n47°46.518 e17°9.189	Szigetközi tölgy-köris-szil liget, humuszos öntéstalaj	<i>Pimpinello majoris-Ulmetum</i> Kevey in Borhidi & Kevey 1996	64	-	82.8	-
3	Pusztamarót	n47°41.032 e18°31.872	Nyugat-középhegységi bükkös, barna erdőtalaj	<i>Daphno laureolae-Fagetum</i> (Isépy 1970) Borhidi in Borhidi & Kevey 1996	143	-	6.3	-
4	Rajka	n48°496 e17°12.622	Szigetközi tölgy-köris-szil liget, humuszos öntéstalaj	<i>Pimpinello majoris-Ulmetum</i> Kevey in Borhidi & Kevey 1996	235	-	17.4	-
5	Tatabánya	n47°31.971 e18°25.835	Dunántúli középhegységi gyertyános tölgyes, barna erdőtalaj	<i>Corydalido pumilae-Carpinetum</i> Kevey ass. nova	148	-	0.0	-
6	Zalaistvánd	n46°92.813 e17°139	Dunántúli gyertyános tölgyes - fehér akác konszociációja, barna erdőtalaj	<i>Corydalido pumilae-Carpinetum Robinia pseudoacacia consoc.</i>	147	-	7.5	-
7	Bakonybél	n47°30.638 e17°69.428	Nyugat-középhegységi bükkös, barna erdőtalaj	<i>Daphno laureolae-Fagetum</i> (Isépy 1970) Borhidi in Borhidi & Kevey 1996	132	114	5.3	38.6
8	Bisse	n45°89.981 e18°27.6851	Mecseki gyertyános-tölgyes, barna erdőtalaj	<i>Asperulo taurinae-Carpinetum</i> Soó & Borhidi in Soó 1962	126	97	0.8	55.7
9	Bőszénfa	n46°13.781 e17°51.984	Délnyugat-dunántúli gyertyános kocsánytalan tölgyes, barna erdőtalaj	<i>Helleboro dumetorum-Carpinetum</i> Soó & Borhidi in Soó 1962	172	119	29.7	25.2
10	Lapis	n46°7.304 e18°12.073	Mecseki szurdokerdő, erdőtalaj kollúviuma	<i>Scutellario altissimae-Aceretum</i> (Horvát A. O. 1958) Soó & Borhidi in Soó 1962	247	199	39.7	26.6
11	Lórév	n47°6.545 e18°53.566	Közép-dunai tölgy-köris-szil liget, humuszos öntéstalaj	<i>Scillo vindobonensis-Ulmetum</i> Kevey in Borhidi & Kevey 1996	174	152	0.6	3.9
12	Szenta	n46°22.739 e17°24.306	Podagrafüves égerliget, mocsári erdők talaja	<i>Aegopodio-Alnetum glutinosae</i> . Kárpáti, I. Kárpáti & Jurko 1961	127	126	1.6	23.0
13	Zalaszántó	n46°87.145 e17°21.684	Podagrafüves égerliget – fekete diós konszociációja, mocsári erdők talaja	<i>Aegopodio-Alnetum glutinosae Juglans nigra consoc.</i>	213	170	39.0	35.9
14	Zobákpuszt	n46°11.658 e18°19.066	Mecseki gyertyános-tölgyes és Sásos égerliget átmenet, vegyes kollúvium	<i>Asperulo taurinae-Carpinetum et Carici pendulae-Alnetum glutinosae confer</i>	212	62	20.8	19.4



4. ábra: Nektárt termelő virágok aránya *Allium ursinum* egyedekben különböző mintavételi helyeken és két különböző évben (Forrás: Bodó et al., 2021a)



5. ábra: *Allium ursinum* egyedek virágai által termelt nektártérfogatok különböző mintavételi helyeken két különböző évben (Forrás: Bodó et al., 2021a)



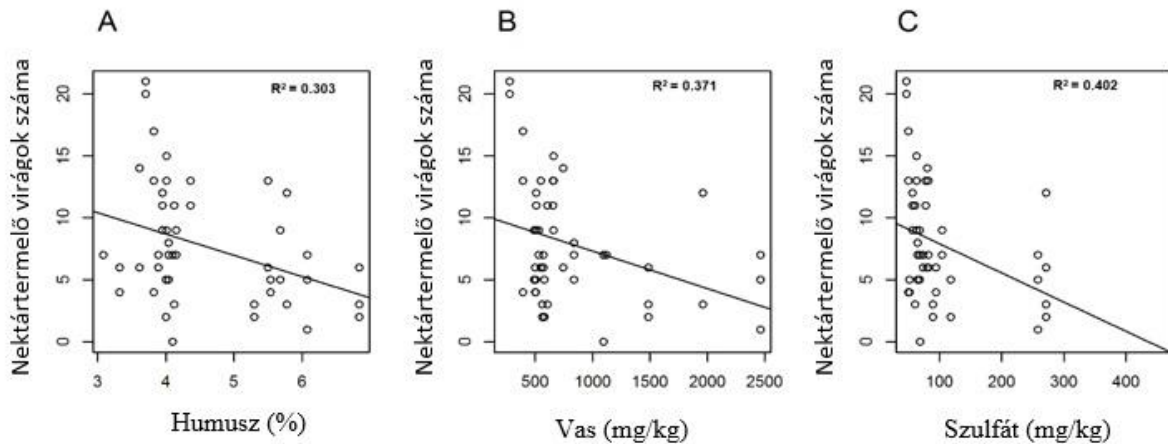
6. ábra: *Allium ursinum* egyedek virágai által termelt nektár cukorkoncentrációja különböző mintavételi helyeken két különböző évben (Forrás: Bodó et al., 2021a)

5.1.2. A talajparaméterek hatása az *Allium ursinum* nektártermelő virágainak számára, a nektártérfogatra és a nektár koncentrációjára

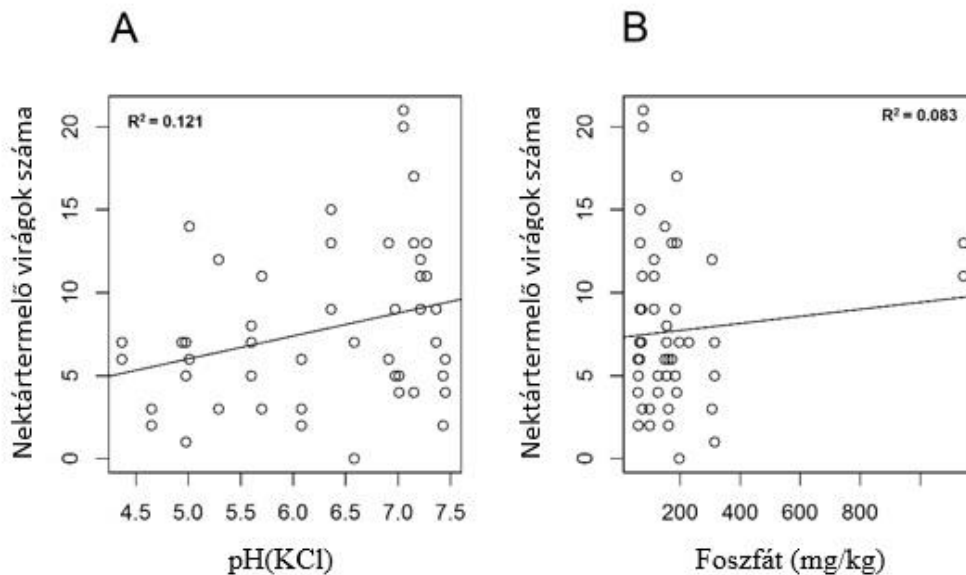
Az *A. ursinum* tápanyagfüggősége jól ismert az irodalomból, mind a bőséges vízellátású élőhelyek (Trémolières et al., 2009), mind a víztöbblet nélküli élőhelyek esetében (Ernst, 1978; Leuschner & Lenzion 2009; Blazewicz-Wozniak & Michowska 2011). Ezek a tanulmányok a talaj tápanyagai és az egész növény (különösen a levél és a gumó) morfológiája vagy biomasszája közötti kapcsolatra összpontosítanak, azonban nem tárgyalják a nektár tulajdonságait. A talaj tápanyagellátását befolyásoló tényezők közül a medvehagyma számára megfelelő pH(H₂O) értéke 4,2 és 8,1 között van, az optimális pH tartomány pedig 6-7 (Karpavičienė, 2006). Ezzel magyarázható a pH és a nektárt termelő virágok száma között talált pozitív korreláció, amely a pH(KCl) esetében statisztikailag közel szignifikáns (df=1; $\chi^2=3,318$; $p=0,069$) volt.

A talajparaméterek közül a humusz, a vas és a szulfát negatív korrelációt mutatott a nektárt termelő medvehagyma virágok számával. Gyenge, de szignifikáns kapcsolatot mutattunk ki a humusztartalommal illetően (df=1; $\chi^2=4,283$; $p<0,05^*$, $r^2=0,303$), míg a vas (df=1; $\chi^2=12,376$; $p<0,001^{***}$; $r^2=0,371$) és szulfát (df=1; $\chi^2=11,662$; $p<0,001^{***}$; $r^2=0,402$) tekintetében erősen szignifikáns volt a kapcsolat (7. ábra). Vizsgálatunk során azt tapasztaltuk, hogy a talaj foszfáttartalma közel szignifikáns pozitív hatással volt a nektárt adó virágok számára (df=1; $\chi^2=3,741$; $p=0,089$) (8. ábra) és a nektárcukor koncentrációjára (df=1; $\chi^2=2,900$; $p=0,099$). Ez összefüggésbe hozható a medvehagyma virágzatok számának növekedésével a

foszfát hatására (Ernst, 1978), ami nitrogénnel kiegészítve is érvényes (Heinrichs et al. 2018), különösen a foszfátszegény élőhelyek esetében (Böhling 2008). A virágzatok számának növekedését az éghajlatváltozás miatti elhúzódó vegetációs időszak is magyarázza (Heinrichs et al. 2018), ami hosszabb ideig teszi elérhetővé a tápanyagokat, különösen a hagyma számára.

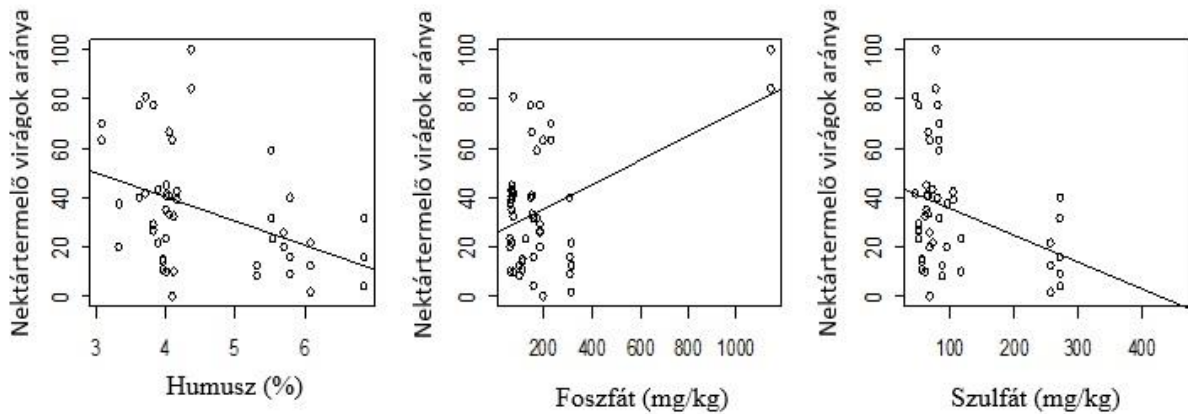


7. ábra: Talajtényezők lineáris regressziója. A talaj humusz (A)-, vas (B)- és szulfát (C)-tartalmát az *Allium ursinum* nektártermelő virágok számának függvényében (Forrás: Bodó et al., 2021a)



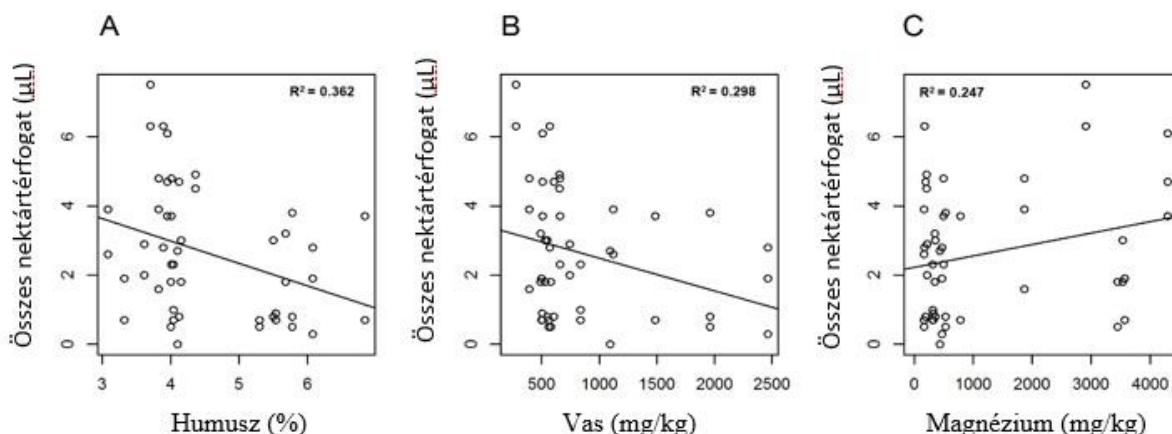
8. ábra: Talajtényezők lineáris regressziója. A talaj pH(KCl) (A) és foszfát (B)-tartalmát az *Allium ursinum* nektártermelő virágok számának függvényében (Forrás: Bodó et al., 2021a)

Statisztikailag releváns negatív korrelációt találtunk a nektárt kiválasztó virágok aránya és a talaj szulfáttartalma között ($df=1$; $\chi^2=6,428$; $p<0,05^*$; $r^2=0,352$), valamint a humusztartalma ($df=1$; $\chi^2=7,063$; $p<0,01^{**}$) között (9. ábra). Majdnem-szignifikáns kapcsolatot mutattunk ki a vas tekintetében ($df = 1$; $\chi^2=4,360$; $p=0,064$).



9. ábra: Talajtényezők lineáris regressziója. A talaj humusz (A), foszfát (B) és szulfát (C)-tartalmát az *Allium ursinum* nektártermelő virágok arányának függvényében

A talajparamétereket az egyedek összes nektártérfogatához viszonyítva szignifikáns összefüggést találtunk a humusz ($df=1$; $\chi^2=6,332$; $p<0,01^{**}$; $r^2=0,362$) és a vas ($df=1$; $\chi^2=6,752$; $p<0,01^{**}$; $r^2=0,298$) tekintetében, és alacsonyabb, de releváns korrelációt észleltünk a magnéziummal ($df=1$; $\chi^2=6,162$; $p<0,05^*$; $r^2=0,247$) és a szulfáttal ($df=1$; $\chi^2=5,152$; $p<0,05^*$; $r^2=0,310$). Minden megfigyelt korreláció negatív volt, kivéve a magnéziumot, amely pozitív korrelációt mutatott (10. ábra). Az átlagos nektártérfogat pusztán a pH(KCl)-val ($df=1$; $\chi^2=5,271$; $p<0,05^*$; $r^2=0,185$) mutatott csekély, de szignifikáns korrelációt, míg az átlagos nektár-cukorkoncentráció egyik talajparaméterrel sem függött össze. Közel szignifikáns eltéréseket találtunk a nektár átlagos cukorkoncentrációja és a pH(H₂O) ($df=1$; $\chi^2=2,749$; $P=0,097$), a foszfát ($df=1$; $\chi^2=2,900$; $P=0,1$), és a szulfáttartalom ($df=1$; $\chi^2=2,823$; $P=0,1$) között. A talaj tulajdonságai és a nektár tulajdonságai között talált csekély korreláció a korlátozott számú ismétlés eredménye lehet. A többi vizsgált talajtényező (PA; oldható sók; Ca, Cu, K, N, Na, Zn tartalom) esetében statisztikailag szignifikáns eredmény nem született. A nektártulajdonságokkal szignifikáns kapcsolatot mutató talajelemek között is kerestünk lehetséges összefüggéseket. Megállapítottuk, hogy erősen pozitív korrelációt áll fenn a szulfát, a humusz és a vas között, míg a magnézium csak a vassal mutatott szignifikáns kapcsolatot.



10. ábra: Talajtényezők lineáris regressziója. A talaj humusz (A)-, vas (B)- és magnézium (C)-tartalmát az *Allium ursinum* virágokban termelődött nektár térfogatának függvényében (Forrás: Bodó et al., 2021a)

Számos tanulmány számolt be arról, hogy kis mennyiségű nitrogén hozzáadása a talajhoz fokozhatja a virágképződést, ami a növényenkénti virágok számának növekedését eredményezi (Muñoz et al., 2005; Burkle és Irwin 2009ab; Hoover et al., 2012; David et al. 2019). Azonban az *A. ursinum* virágzatok száma nem növekedett, amennyiben csupán nitrogént juttattak a talajba, sem a kultúrállományban (Błażewicz-Wozniak et al. 2011), sem a természetes állományokban (Heinrichs et al. 2018). Vizsgálatunk szerint a talaj nitrogéntartalma nem befolyásolta a medvehagyma virágok nektártermelő képességét vagy nektárcukorkoncentrációját, hasonlóan a *Linum lewisii* vagy *Potentilla pulcherrima* esetében leírtakhoz (Burkle & Irwin 2009, 2010). Az *A. porrum* rokon fajnál azonban az NPK-műtrágyázás pozitív hatással volt a nektártermelésre (Fijen et al. 2020).

A miénkhez hasonló kísérleti elrendezésben, amikor a mánuka (*Leptospermum scoparium*) fajtákat különféle talajokon, állandó és ellenőrzött környezeti feltételek mellett termesztették, Nickless és mtsai. (2017) kimutatták, hogy a virágzás fenológiája és a nektárhozam szignifikánsan különbözik a különböző talajokon. A mánuka fajták szignifikánsan nagyobb növekedést mutattak a megnövekedett tápanyagtartalom hatására, egyes fajták pedig növelték a virágsűrűséget, ami szintén hozzájárult a magasabb nektárhozamhoz. A vizsgálat kimutatta, hogy a szulfát-, mangán- és kloridtartalom befolyásolta a virágzási időszakot; míg a vas, a mangán és a kalcium koncentrációja befolyásolta a virágok számát. Az előbbiekhöz hasonlóan, vizsgálatunkban kimutattuk, hogy a vas – a humusszal és szulfáttal együtt – hatással van a nektártermelő virágok számára, illetve a nektártermelésre, különösen a nektártérfogatra. A fenti három talajösszetevő növekedése a nektártermő virágok számának és a teljes nektártérfogatnak a csökkenését okozta. Bár nem találtunk releváns összefüggést a virág

nektártermelésének intenzitása és a nektárcukor-koncentráció tekintetében a magasabb humusz-, vas- és szulfáttartalmú élőhelyeken, ezekben a populációkban kevesebb virág tudott nektárt termelni, és az össz-nektártérfogat is alacsonyabb volt, ami egészében negatív hatással volt a nektártermelésre. Ezzel szemben a talaj magnéziumtartalma pozitívan befolyásolta a teljes nektártérfogatot, míg az átlagos nektártérfogatot nem.

Vizsgálatunkban egyes tápanyagok magasabb szintje negatívan hatott a nektártermelésre, ami annak tudható be, hogy a medvehagymának otthont adó természetes növénytársulások talajai eredetileg tápanyagban gazdagok. A mezőgazdaságban úgy tartják, hogy a talajok tápanyagtartalma általában alacsonyabb, s tápanyag ellátottságuk mesterséges növelése magasabb nektárhozamot eredményez (Nickless et al., 2017). Azonban további vizsgálatokra lenne szükség annak feltárására, hogy a tápanyagszint további növelése negatív vagy pozitív hatással van-e a különböző növényfajok növekedésére és a nektárhozamra.

5.2. Mézvizsgálatok eredményei

5.2.1. A hazai mézek érzékszervi karakterisztikája, színe és a pollenanalízis eredménye

A mézmintáink botanikai eredetét mikroszkópos pollenanalízissel és spektrofotometriás színmeghatározással elemeztük. A melisszopalinológiai analízis az egyik leghatékonyabb módszer a mézek botanikai eredetének igazolására, azonban vannak hátrányai, ugyanis rendkívül időigényes és magas szintű szakmai hozzáértést igényel. Általában más minőségi paramétereket, mint a fizikai-kémiai tulajdonságokat (pl. nedvességtartalom, pH, szabad savtartalom, elektromos vezetőképesség és HMF-tartalom) is figyelembe vesznek, amelyek kombinálása elfogadott módszer a különböző mézfajták azonosítására (Kuś és mtsai., 2018, Escuredo és mtsai., 2019, Srećković és mtsai., 2019). Maurizio (1975) előírását tekintettük kiindulási pontnak, miszerint akkor tekinthetünk egy mézet fajtaméznek (uniflorálisnak), amennyiben a pollenvizsgálat során legalább 45%-ban tartalmazza az adott taxont. Ehhez képest módosító tényezőnek tekinthető az abszolút pollentartalom mérésével kimutatott reprezentáltság. Kivételt képez például a felülreprezentáltnak tekinthető repceméz, ami 60%-os *Brassica* sp. pollentartalom felett tekinthető fajtaméznek (Von der Ohe és mtsai., 2004), míg Persano Oddo és mtsai. (2004) 715 repceméz minta vizsgálata alapján még magasabb, $83 \pm 11\%$ -os *Brassica* sp. átlagos pollenarányt közöltek.

5.2.1.1. A kora tavaszi mézminták botanikai és földrajzi eredete, érzékszervi karakterisztikája

A kora tavaszi mézminták közül a repcemézeket határozottan fajtaméznek tekinthetjük, mivel a pollenanalízis 84,9-98,2%-ban *Brassica* sp. karakterisztikus pollent mutatott. Ezzel szemben a medvehagyma mézként vásárolt mézmintákban nagyon alacsony (0,39-3,11%) medvehagyma pollenarányt találtunk (3. táblázat). A domináns pollentípusra támaszkodva, három medvehagyma méz (9., 12., 13. minta) inkább repceméznek minősíthető, mivel a repce pollenarány meghaladja a 60%-ot. Érzékszervi karakterisztikájuk alapján azonban teljesen megkülönböztethetők a repceméztől. Ebből következően, kijelenthetjük, hogy a fizikai-kémiai paramétereket bizonyos esetekben csak a pollenanalízis eredményeivel kombinálva tudjuk mézminősítésre használni, ellentétben Machado és mtsai. (2017) állításával, miszerint a méz kémiai és fizikai tulajdonságai egyértelműen meghatározzák a botanikai eredetet. Tapasztalatunk alapján továbbá megállapítottuk, hogy esetünkben a repceméz 80% feletti repcepollen tartalommal tekinthető fajtaméznek.

3. táblázat: A kora tavaszi mézminták botanikai és földrajzi eredete, érzékszervi karakterisztikája (n=3)

Sor-szám	Méz típusa	Földrajzi eredet	Évjárát	Karakterisztikus pollen (%)	Érzékszervi karakterisztika	ABS ₄₅₀ (mAU)
1	Repce	Helyszín 1 (Kaposmérő)	2014	<i>Brassica napus</i> (95,76%)	Világos borostyánsárga, finomszemcsés, szilárd	390 ± 10
2	Repce	Helyszín 1 (Kaposmérő)	2015	<i>Brassica napus</i> (94,05%)	Nagyon világos borostyánsárga, finomszemcsés, szilárd	360 ± 10
3	Repce	Helyszín 2 (Marcali)	2014	<i>Brassica napus</i> (93,16%)	Világos borostyánsárga, finomszemcsés, szilárd	390 ± 20
4	Repce	Helyszín 2 (Marcali)	2015	<i>Brassica napus</i> (92,43%)	Hófehér, finomszemcsés, szilárd	340 ± 10
5	Repce	Helyszín 3 (Alsónemesapáti)	2014	<i>Brassica napus</i> (84,85%)	Világos borostyánsárga, finomszemcsés, szilárd	410 ± 10
6	Repce	Helyszín 3 (Alsónemesapáti)	2015	<i>Brassica napus</i> (96,94%)	Fehér, finomszemcsés, szilárd	340 ± 10
7	Repce	Helyszín 4 (Algyő)	2014	<i>Brassica napus</i> (97,07%)	Hófehér, finomszemcsés, szilárd	340 ± 10
8	Repce	Helyszín 4 (Algyő)	2015	<i>Brassica napus</i> (98,2%)	Nagyon világos borostyánsárga, finomszemcsés, szilárd	360 ± 10
9	Vegyes virág (medvehagymaként vásárolt)	Helyszín 5 (Bakony)	2014	<i>Brassica napus</i> (66,3%)	Sötét borostyánsárga, folyékony, viszkózus	580 ± 20
10	Vegyes virág (medvehagymaként vásárolt)	Helyszín 5 (Bakony)	2015	<i>Brassica napus</i> (53,6%)	Borostyánsárga, finomszemcsés, viszkózus	550 ± 10
11	Vegyes virág (medvehagymaként vásárolt)	Helyszín 6 (Bánya)	2014	<i>Rosaceae</i> (62,3%)	Világos borostyánságra, durva szemcsés, félig megszilárdult	530 ± 10
12	Vegyes virág (medvehagymaként vásárolt)	Helyszín 6 (Bánya)	2015	<i>Brassica napus</i> (67,5%)	Sötét borostyánsárga, folyékony, viszkózus	560 ± 10
13	Vegyes virág (medvehagymaként vásárolt)	Helyszín 7 (Mecsek)	2014	<i>Brassica napus</i> (61,7%)	Sötét borostyánsárga, finomszemcsés, félig megszilárdult	570 ± 10
14	Vegyes virág (medvehagymaként vásárolt)	Helyszín 7 (Mecsek)	2015	<i>Rosaceae</i> (26,6%), <i>Apiaceae</i> , <i>Asteraceae</i> etc. (59,5%)	Borostyánsárga, folyékony, viszkózus	540 ± 10

A domináns repcepollen tartalmú vegyes virágméz-mintákat csak az egyik vizsgálati évben figyeltünk meg, a másik évben már különböző pollentípus dominált bennük. Ennek ellenére érzékszervi tulajdonságaik nagyon hasonlóknak mutatkoztak, így megfeleltek az általunk elnevezett kora tavaszi vegyesvirág méz kategóriának. Például a 11. minta esetében a *Rosaceae* családba tartozó gyümölcsfák pollenszemcséit figyelhettük meg tömegesen. Kisebb mennyiségben, a medvehagyma mézként vásárolt mézminták akácpollent (*Robinia*

pseudoacacia L.) (1,5-6,6%) és más kísérőfajokat is (*Tilia*, *Zea*, *Asteraceae*, *Trifolium*, *Ambrosia*, *Taraxacum*, *Plantago*, *Fabaceae*, *Apiaceae*) tartalmaztak. (4. táblázat).

4. táblázat: A kora tavaszi mézminták pollenspektruma

Pollen típus relatív gyakoriság %	Brassicaceae	Rosaceae	Robinia	Alliaceae	Egyéb¹
Mézminták					
Repce – Kaposmérő 2014	95,76	0,57	0,80	-	2,86
Repce – Kaposmérő 2015	94,05	3,38	-	-	2,57
Repce – Marcali 2014	93,16	3,16	0,70	-	2,98
Repce – Marcali 2015	92,43	1,51	0,12	-	5,94
Repce – Alsónemesapáti 2014	84,85	12,07	0,99	-	2,09
Repce – Alsónemesapáti 2015	96,94	0,54	-	-	2,52
Repce – Algyő 2014	97,07	0,33	-	-	2,60
Repce – Algyő 2015	98,22	-	-	-	1,78
Vegyes virág (medvehagymaként vásárolt) – Bakony 2014	66,33	4,59	1,53	-	27,55
Vegyes virág (medvehagymaként vásárolt)- Bakony 2015	53,62	2,99	0,75	1,00	41,65
Vegyes virág (medvehagymaként vásárolt) – Bánya 2014	26,07	62,26	4,28	0,39	7,00
Vegyes virág (medvehagymaként vásárolt)- Bánya 2015	79,55	1,99	3,13	0,85	14,49
Vegyes virág (medvehagymaként vásárolt) – Mecsek 2014	61,70	15,86	7,32	2,65	12,47
Vegyes virág (medvehagymaként vásárolt) – Mecsek 2015	4,17	26,74	6,60	2,78	59,72

¹Egyéb előforduló pollen típusok: *Tilia*, *Zea*, *Asteraceae*, *Trifolium*, *Ambrosia*, *Taraxacum*, *Plantago*, *Fabaceae*, *Apiaceae*

A kora tavaszi virágmézek 2 csoportja – repce fajtaméz és vegyesvirág méz - érzékszervi karakterisztika alapján markánsan különbözött egymástól, ami arra utal, hogy a botanikai eredet jelentős befolyással bírt. A repcemézek extra fehér vagy világos borostyánsárga színt mutattak, ahogy Devillers és mtsai. (2004), Kuš és mtsai. (2014), Persano Oddo és mtsai. (2004) is leírták, számszerűsítve 370 ± 30 mAU színintenzitással. A repcemézeink konzisztencia szempontjából szilárd, finomszemcsés állapotúak, illatuk édeskés. A repcemézekről köztudott, hogy gyorsan kristályosodnak a magas glükóztartalmuk miatt, és a kisméretű kristályok teszik lehetővé, hogy krémmézet készítsenek belőle (Devillers és mtsai., 2004). A medvehagyma mézként értékesített mézminták világos és sötét borostyánsárga színűek (520 - 600 mAU), finomszemcsés, viszkózus konzisztenciával és aromás, enyhén savanyú illattal (3. táblázat). Habár ezeknek a mézmintáknak az érzékszervi karakterisztikája megfelelt a medvehagyma mézek korábbi

leírásának (Farkas & Zajác, 2007), a melisszopalinológiai analízis szerint ezek a mézek nem tekinthetők fajtaméznek, inkább kora tavaszi vegyes virágméznek. A továbbiakban ezért ezekre kora tavaszi vegyes virágmézként hivatkozunk.

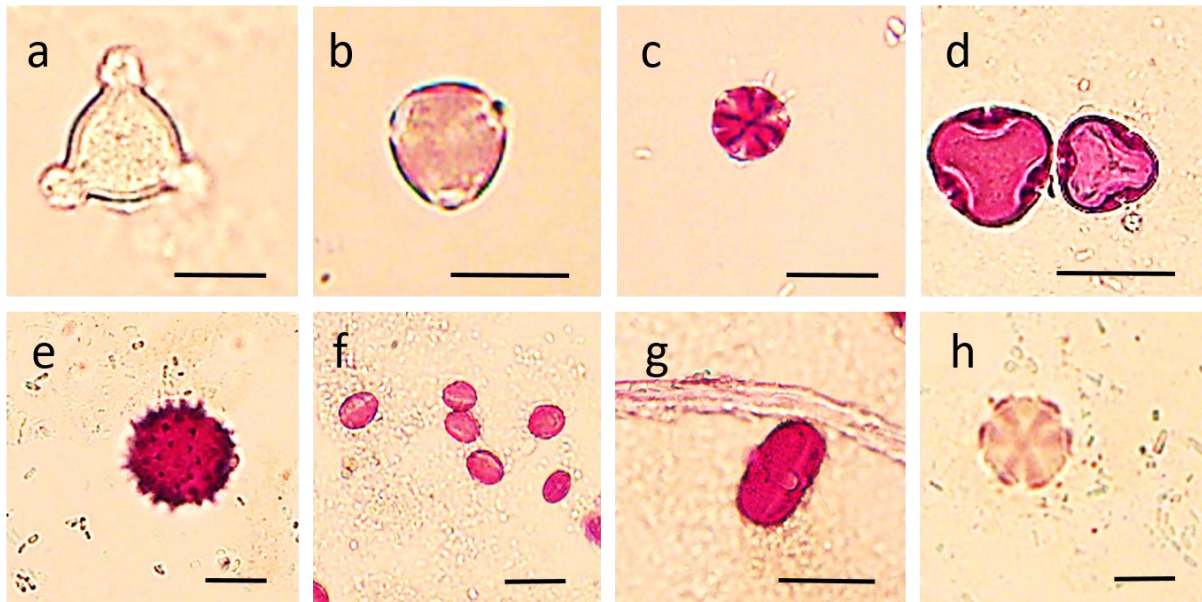
5.2.1.2. Magyarországi fajtamézek botanikai eredete és érzékszervi karakterisztikája

Az általunk vizsgált magyarországi fajtamézek közül mindegyik megfelel a Maurizio (1975) által felállított határértéknek, miszerint a fajtaméznek minimum 45%-os arányban kell tartalmaznia a karakterisztikus pollenjét, kivéve az édeskömény- és mezei zsályamézet (5. táblázat; 11. ábra).

5. táblázat: A vizsgált fajtamézek botanikai eredete és érzékszervi karakterisztikája (n=3)

Sor-szám	Méz típusa	Karakterisztikus pollen (%)	Érzékszervi karakterisztika	ABS ₄₅₀ (mAU)
1	Akácmez	<i>Robinia pseudoacacia</i> (45.27%)	Halvány sárgászöld színű, gyenge illat, folyékony, viszkózus	136 ± 4
2	Ámorakác méz	<i>Amorpha fruticosa</i> (74.77%)	Halvány sárga, gyenge illat, folyékony, viszkózus	191 ± 5
3	Facélia méz	<i>Phacelia tanacetifolia</i> (74.07%)	Világos bézs, közepesen erős illatú, finomszemcsés, félig megszilárdult	247 ± 11
4	Hársmez	<i>Tilia</i> spp. (45.89%)	Világos borostyánsárga, erős illatú, folyékony, viszkózus	285 ± 8
5	Napraforgóméz	<i>Helianthus annuus</i> (47.44%)	Borostyánsárga, közepesen erős illatú, durvaszemcsés, szilárd	719 ± 5
6	Szelidgesztenye méz	<i>Castanea sativa</i> (90.81%)	Sötét borostyánsárga vöröses árnyalattal, erős illatú, folyékony, viszkózus	920 ± 10
7	Édeskömény méz	<i>Asteraceae</i> (21.97%) <i>Apiaceae</i> (19.23%)	Majdnem fekete, erős, karamellre emlékeztető illatú, folyékony, viszkózus	1087 ± 33
8	Mezei zsályaméz	<i>Lamiaceae</i> (24.63%)	Fekete, erős, zsályára emlékeztető illatú, folyékony, viszkózus	1459 ± 52

11. ábra: A mézminták karakterisztikus pollentípusai



(a) Akác-*Robinia pseudoacacia*, (b) Ámorakác-*Amorpha fruticosa*, (c) Facélia-*Phacelia tanacetifolia*, (d) Hárs-*Tilia* spp., (e) Napraforgó-*Helianthus annuus*, (f) Szelídgesztenye-*Castanea sativa*, (g) Édeskömény (*Foeniculum vulgare*)-Apiaceae pollen, (h) Mezei zsálya (*Salvia pratensis*)-Lamiaceae pollen. Aránymérték: 25 μ m. (Forrás: Bodó és mtsai., 2021b)

A Lamiaceae eredetű mézek, így a mezei zsálya is, alulreprezentáltak tekinthetőek. A kakukkfű méz esetében például már elegendő a 18% feletti karakterisztikus pollenarány (Karabagias és mtsai., 2014). Kenjeri és mtsai. (2008) zsályamézek vizsgálatánál 20-65% közötti átlagos *Salvia* pollenarányt mutatott ki, ami jóval a 10%-os küszöbérték feletti (Louveaux 1978), és még a horvát szabályozás 20%-os zsályapollen értékhatárát is teljesíti. Mézmintáinkban, a zsálya (Lamiaceae) pollenszemcsék aránya 20% felett volt, ezért a mezei zsályamézeket fajtaméznek tekintettük, még annak ellenére is, hogy kevés mézharmat elemet tartalmaztak (6. táblázat). Louveaux (1978) osztályozása szerint a 0.28 HDE/P (mézharmat elem/abszolút pollenzám) érték a zsályamézekre alacsony mézharmat elem arányt mutatott. Hasonlóan a Lamiaceae mézekhez, az Apiaceae eredetű mézek is általában alulreprezentáltak. Édeskömény mézekben Manzanares és mtsai. (2017) *Foeniculum* pollenszemcséket 2,6-45,7%-ban (átlagosan 12%) találtak. Mivel a mi édeskömény mézeink körülbelül 20% Apiaceae típusú pollent tartalmaztak, ezért ezeket a mézeket uniflorálisnak tekintettük, amit az érzékszervi tulajdonságaik is alátámasztottak. Hasonlóan a zsályamézekhez, az édeskömény mézek is kevés mézharmat elemet (HDE/P = 0,30) tartalmaztak.

6. táblázat: A vizsgált fajtamézek pollenspektruma

Pollentípus relatív gyakoriság (%)	Akácmez	Ámorakác mez	Facéliaméz	Hársmez	Napraforgó- mez	Szelídgesztenye mez	Édeskömény mez	Mezei zsályaméz
Brassicaceae	18.41	-	5.29	2.02	6.51	2.48	9.34	3.45
<i>Tilia</i>	-	0.91	-	45.89	8.84	-	-	-
<i>Robinia</i>	45.27	7.60	-	10.10	-	0.83	-	0.99
<i>Phacelia</i>	-	-	74.07	-	-	0.21	-	-
Lamiaceae	-	-	-	-	-	1.96	-	24.63
<i>Helianthus</i>	-	-	-	-	47.44	0.10	-	-
<i>Amorpha</i>	-	74.77	-	-	-	-	-	-
<i>Castanea</i>	-	-	-	-	-	90.81	-	-
Rosaceae	20.90	5.78	4.23	17.17	2.33	0.31	2.75	5.91
Asteraceae	-	1.22	1.06	1.01	4.19	-	18.68	8.37
Alliaceae	-	-	-	-	-	0.10	-	-
Caryophyllaceae	-	-	-	2.53	2.53	-	16.48	6.40
Poaceae	-	-	-	-	-	0.83	1.65	-
Apiaceae	-	-	0.53	-	1.86	-	19.23	0.99
Fagopyrum	-	-	-	-	-	-	-	-
Fabaceae	-	-	-	8.59	0.93	-	-	-
Pinaceae	-	-	-	-	-	-	-	0.49
Mézharmat elemek	-	-	-	-	-	0.09	7.14	4.93
Egyéb	15.42	9.73	14.81	12.70	16.28	2.29	24.73	43.84

Az akác (*Robinia*) és hárs (*Tilia*) mézek szintén az alulreprezentált kategóriába sorolhatók. Magyarországon a Magyar Élelmiszerkönyv (Codex Alimentarius Hungaricus) 2-100 számú irányelve (2009), a „Megkülönböztető minőségi jelöléssel ellátott mézfélékről” szerint az akácmez 15% feletti *Robinia* sp. pollenarány felett, míg a hársmez 30% feletti *Tilia* sp. pollenarány felett tekinthető fajtaméznek. Persano Oddo és mtsai. (2004) átfogó tanulmányában, az átlagos pollenarány az akác illetve a hárs pollenekre – 28% és 23%, 7-60% és 1-56% szélső értékekkel – volt. Kus és mtsai. (2014) csupán 11-16% és 22-26% közötti karakterisztikus pollenszemcséket figyeltek meg az akác- és hársmézekben. A 45%-os *Robinia* és a 46%-os *Tilia* pollenarány a mi akác- és hársmézeinkben alátámasztja ezeknek a mézmintáknak az uniflorális eredetét. Kus és mtsai. (2014) a hárs színét extra fehéreként írja le, kivéve a 26% *Tilia* pollent tartalmazó mintát, amit világos borostyánsárgának detektál, hasonlóan az általunk vizsgált hársmézekhez. Hasonlóan a mi hársmézeinkhez, a lengyel hársmézek konzisztenciája szilárd, finomszemcsésen kristályosodó

Persano Oddo és mtsai. (2004) napraforgó mézekben 12-92% közötti *Helianthus* pollent írtak le. A Sari és mtsai. (2012) által vizsgált, Törökországból származó 50 napraforgóméz minta 45-70%-ban tartalmazta a domináns pollenszemcséket. Hasonlóan a napraforgó mézmintáinkhoz, ők is világossárga színnel, aromás illattal, krémes és finom, gyorsan

kristályosodó textúrával jellemezték. Az érzékszervi karakterisztikán kívül, mintáink 46%-os *Helianthus* pollenarányt mutattak, így igazolható volt a napraforgó mézek uniflorális jellege.

Fajtamézes munkánkban a nyolc általunk vizsgált mézfajtából a facélia és a szelídgesztenye jellemezhető felülreprezentáltként, ugyanis a facélia több mint 60%-ban kell, hogy *Phacelia* pollent tartalmazzon, a szelídgesztenye pedig legalább 90%-ban *Castanea* pollent (Manzanares és mtsai., 2017; Sari és mtsai., 2012). Ezeket a határértékeket mind a facélia, mind a szelídgesztenye mézmintáink is teljesítették, átlagosan 74%-os *Phacelia* és 91%-os *Castanea* pollenaránnal.

A szín fontos minősítő tulajdonsága a méznek, utalhat a florális eredetre és az összetételre is (Terrab és mtsai., 2004). A szín alapján, a vizsgált mézeinket világos és sötét színű csoportba soroltuk, ahol a 100-300 mAU közötti színintenzitású mézeket (akác, ámorakác, facélia, hárs) világosnak tekintettünk, míg a 700-1500 mAU közötti mézmintákat (napraforgó, szelídgesztenye, édeskömény, mezei zsálya) pedig sötétnek (5. táblázat). A kapott abszorbancia intenzitások hasonlóak voltak a román mézekhez, melyek 210 mAU-tól (akácméz) 1228 mAU-ig (erdei méz) terjedtek. Cimpoiu és mtsai., (2013), a vizsgált mézmintáikat szintén világos és sötét színű mézekre osztották. A szlovén és horvát mézek nettó abszorbanciája a mi eredményeinkhez hasonló sorrendben emelkedett: akác, hárs és szelídgesztenye (Bertoncelj és mtsai., 2007; Flanjak és mtsai., 2016), azonban az ő színértékeik alacsonyabbak voltak az adott fajtamézekre vonatkozóan. Beretta és mtsai. (2005) alacsonyabb színparamétereket közöltek az akácméz (25 mAU) és szelídgesztenye mézekre (610 mAU), míg Cimpoiu és mtsai. (2013) magasabb színintenzitást mutattak ki az akácmézekre (210-295 mAU), de alacsonyabbat a napraforgó mézekre (512-556 mAU). Az általunk nem használt színmeghatározási módszer, a Pfund skála alapján, a mézeket víztiszta, extra fehér, fehér, extra világos borostyánsárga, világos borostyánsárga, borostyánsárga és sötét borostyánsárga (Pontis és mtsai., 2014) színnel lehet jellemezni. E szerint az osztályozás szerint, Srećković és mtsai. (2019) a szerb akácmézeket víztisztnak jellemezték, míg a magyar akácmézek kissé sötétebbek és a skála alapján extra fehérek (Czipa és mtsai., 2019), míg a napraforgó mézminták extra világos borostyánsárgák (Pauliuc és mtsai., 2020).

Számos kutató rámutatott, hogy a méz színe megbízható indikátora az antioxidáns aktivitásnak, valamint függ a kémiai összetevőktől, úgymint a polifenolok és az ásványi összetétel (Lewoyehu és mtsai., 2019; Solayman és mtsai., 2016; Kek és mtsai., 2014).

5.2.1.3. Selyemfű, aranyvessző és két vegyes virágméz botanikai eredete és érzékszervi karakterisztikája

A selyemfű (vagy másnéven selyemkóró) mézet fajtaméznek tekintettük az érzékszervi tulajdonságaira alapozva. Különleges aromás illata van, amit a méz hónapokig megőriz. Színe a halvány, sárgászöld színű akácmézhez rendkívül hasonló, de valamivel sötétebb (Kasper-Szél, 2003). Selyemfű mézmintánk színe ennél sötétebbnek bizonyult, a világos bézs facélia méz és a világos borostyánsárga hársmez közé tehető (Bodó és mtsai., 2021). Ennél a különleges méznél a pollenanalízis nem igazolta a botanikai eredetet, mivel a méhek nem tudnak erről a növényről pollíniumokat gyűjteni. Ezekben a mézmintáinkban a repcepollen képviselte a domináns pollentípust, kissé magasabb relatív frekvenciával, mint 45% (7. táblázat). Mégsem tekinthetjük ezt a mézet uniflorális repceméznek, mivel a repce fajtamézben a repcepollennek felülreprezentálnak kell lennie, megkövetelve a minimum 60%-os (Rajs, 2017), vagy korábbi tanulmányunkra alapozva akár még 80% feletti *Brassica* sp. pollenarányt (Bodó és mtsai., 2020).

7. táblázat: Selyemfű, aranyvessző és két vegyes virágméz érzékszervi karakterisztikája (n=3)

Sorszám	Méz fajtája	Érzékszervi karakterisztika	ABS ₄₅₀ (mAU)
1	Selyemfű <i>Asclepias syriaca</i>	Halvány sárgás borostyánsárga színű, közepesen intenzív illat, folyékony, viszkózus	245 ± 12
2	Vegyes virágméz- <i>Tilia</i> (MF- <i>Tilia</i>)	Halvány borostyánsárga, intenzív illat, félig megszilárdult, finomszemcsésen kristályosodott	306 ± 8
3	Aranyvessző (<i>Solidago gigantea</i>)	Borostyánsárga, közepesen erős illatú, félig megszilárdult, finomszemcsésen kristályosodott	531 ± 15
4	Vegyes virágméz- Lamiaceae (MF-Lamiaceae)	Barnás borostyánsárga, erős malátára emlékeztető illatú, félig megszilárdult, finomszemcsésen kristályosodott	606 ± 18

Az aranyvessző méz pollenspektruma, elvárásainknak megfelelően, a *Solidago* pollent mutatta a domináns pollen típusként. Érzékszervi karakterisztikájával együtt egyértelműen igazolható volt uniflorális eredete. Élénk borostyán színű, sötétebb, mint amit Kuš és mtsai. (2014), Jasicka-Misiak és mtsai. (2018) a lengyel aranyvessző mézről leírtak. A lengyel uniflorális aranyvessző méz extra világos borostyánsárga, félig megszilárdult, finomszemcsés, 138-205 mAU színintenzitással. A jelentős színkülönbség magyarázata az aranyvesszőmézek botanikai forrásában keresendő, amely a lengyel növényfaj esetén az őshonos európai faj (*Solidago virgaurea*). Piljac-Žegarac és mtsai. (2009) 287 mAU színintenzitást mértek a horvát aranyvesszőmézeknél, amelyek szintén *S. virgaurea* botanikai eredetűek. Hazai aranyvessző mintáink jóval sötétebb színét (535 mAU) az Észak-Amerikából származó, hazánkban invazív

Solidago gigantea fajnak köszönhetik. Megfigyelésünket alátámasztja az amerikai aranyvesszőméz színének leírása, miszerint az élénk borostyánsárga, majdnem olyan sötét, mint a juharszirup (Miller, 2013).

Vizsgálatunkban a világos és sötét színű multiflorális mézek jelentős különbségeket mutattak a pollenspektrumuk tekintetében, ahogy várható is volt. A leggyakrabban előforduló pollentípus a világosabb vegyes virágmézből a hárs (*Tilia*) pollen volt, míg a sötétebb méz esetében a Lamiaceae pollen (7. táblázat). A vegyes virágmézek sokszínű repertoárt képviselnek, számtalan virágpor-összetétellel, minden szempontból változatos tulajdonságokat biztosítva, többek között az antioxidáns paraméterek vagy ásványianyag-tartalom tekintetében (Maurya és mtsai., 2014; Martinello és mtsai., 2021; Conti és mtsai., 2018).

8. táblázat: *Selyemfű, aranyvessző, és a két vizsgált vegyes virágméz pollenspektruma*

Pollentípus relatív gyakoriság (%)	Selyemfűméz	MF-Tilia méz	Aranyvessző- méz	MF-Lamiaceae méz
Brassicaceae	45.3	-	6.7	15.6
Tilia	3.2	21.5	-	1.6
Solidago	-	-	45.3	6.8
Lamiaceae	-	-	-	30.8
Robinia	5.3	12.1	2.7	1.6
Rosaceae	1.1	10.1	-	4.0
Asteraceae	-	10.7	20.4	5.6
Caryophyllaceae	-	4.7	-	-
Poaceae	-	1.3	4.9	-
Apiaceae	-	3.4	0.9	-
Liliaceae	5.3	-	-	-
Fagopyrum	-	-	-	3.6
Trifolium	-	-	-	1.2
Fabaceae	-	-	-	1.2
Egyéb	40.0	29.5	24.9	23.2

5.2.2. A mézek teljes antioxidáns kapacitása

5.2.2.1. A kora tavaszi mézminták teljes antioxidáns kapacitása

A kora tavaszi méhlegelőről származó mézmintáink bioaktivitásának jellemzéséhez a teljes antioxidáns kapacitásukat határoztuk meg 4 különböző módszerrel. Továbbá vizsgáltuk a földrajzi eredet és a termelési év hatását a mért paraméterekre (9. táblázat).

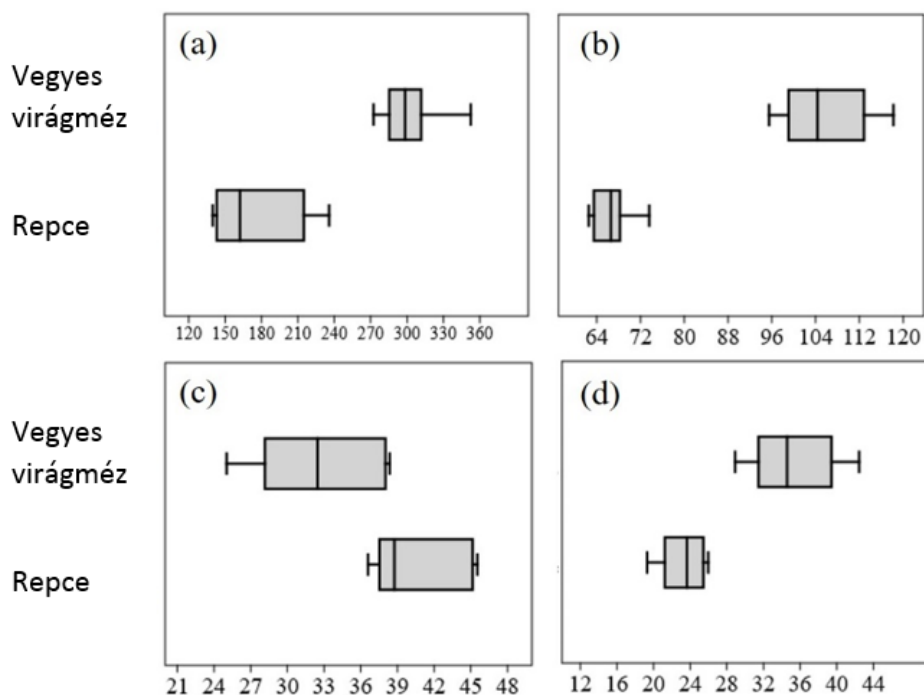
9. táblázat: A kora tavaszi mézminták teljes antioxidáns kapacitása évjárat és földrajzi eredet szerint

	TRC (mg GAE kg ⁻¹)	TEAC (μmol TE 100 g ⁻¹)	DPPH (IC ₅₀ mg ml ⁻¹)	ORAC (μmol TE g ⁻¹)
Évjárat				
Repce, 2014 (n = 12)	200 ± 40 ^a	67 ± 5 ^a	39 ± 4 ^a	24 ± 1 ^a
Repce, 2015 (n = 12)	160 ± 20 ^a	66 ± 3 ^a	41 ± 3 ^a	22 ± 3 ^a
Vegyes virágméz, 2014 (n = 9)	300 ± 10 ^b	110 ± 10 ^b	31 ± 7 ^b	38 ± 4 ^b
Vegyes virágméz, 2015 (n = 9)	300 ± 40 ^b	100 ± 5 ^b	33 ± 5 ^b	32 ± 3 ^b
Földrajzi eredet				
Repce, Helyszín 1 (n = 6)	190 ± 40 ^a	70 ± 5 ^a	39 ± 2 ^a	25 ± 1 ^a
Repce, Helyszín 2 (n = 6)	190 ± 70 ^a	66.9 ± 0.2 ^a	38 ± 1 ^a	24 ± 3 ^a
Repce, Helyszín 3 (n = 6)	170 ± 30 ^a	62.6 ± 0.1 ^a	42 ± 5 ^a	22 ± 1 ^a
Repce, Helyszín 4 (n = 6)	170 ± 40 ^a	67 ± 2 ^a	41 ± 6 ^a	22 ± 4 ^a
Vegyes virágméz, Helyszín 5 (n = 6)	330 ± 30 ^b	110 ± 10 ^b	27 ± 2 ^b	35 ± 4 ^b
Vegyes virágméz, Helyszín 6 (n = 6)	297 ± 3 ^b	104 ± 2 ^b	35 ± 4 ^b	32 ± 4 ^b
Vegyes virágméz, Helyszín 7 (n = 6)	280 ± 10 ^b	100 ± 10 ^b	33 ± 7 ^b	39 ± 5 ^b
Összesen				
Repce (n = 24)	180 ± 40 ^a	67 ± 4 ^a	40 ± 3 ^a	23 ± 2 ^a
Vegyes virágméz (n = 18)	300 ± 30 ^b	110 ± 10 ^b	32 ± 6 ^b	35 ± 5 ^b

Az adatok az n mintaszám átlag±szórásban kifejezett értékei. A csoportokon belül (évjárat, földrajzi eredet, összesen) az egy oszlopban lévő, különböző betűkkel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek egymástól a Student's t-test (p < 0,05) szerint.

A magyar repce- és vegyes virágmézminták teljes redukálóképességének (TRC) mérési eredményei széles skálán mozogtak (12.a ábra). Korábbi kutatások kimutatták, hogy a teljes redukálóképesség a méz fajtájától függően széles értéktartományban mozog, például a *Rhododendron* spp. méz 17 ± 1 mg GAE kg⁻¹ értékétől egy olasz tradicionális méz 2000 ± 10 mg GAE kg⁻¹ aktivitásáig (Maurya és mtsai., 2014). A repceméz mintáinkra kapott átlagos TRC eredmények összhangban vannak a lengyel repcemézek eredményeivel (Kuš és mtsai., 2014), míg a Csehország különböző részeiből származó mézminták kissé alacsonyabb értékeket mutattak (93,7 mg GAE kg⁻¹) (Lachman és mtsai., 2010). Eredményeink alacsonyabbnak bizonyultak, mint a Czipa (2010) által 2007-2009 között begyűjtött magyar repcemézek értékei (700 ± 110 mg GAE kg⁻¹). Ehhez hasonlóan, a 2007-2009 közötti medvehagyma mézekre (nem bizonyították a medvehagyma méz botanikai eredetét) is magasabb értékeket mértek (900 ± 40

mg GAE kg⁻¹), mint a mi állítólagos medvehagyma mézeinké. A teljes redukálóképesség nagyban függhet az időjárás feltételektől, beleértve a napos periódusok időtartamának hatását, ami a Czipa és mtsai. (2015) által mért magasabb TRC értékeket magyarázhatja. Afrin és mtsai. (2017) szintén kimutatták, hogy a fajtamézek teljes polifenol tartalma (Folin-módszerrel mérve, azaz helyesebben TRC) nagyban függ a virágzó növények fajtájától és a méztermelés helyszínétől is. Kutatásuk szerint az Európában őshonos eperfa (*Arbutus unedo* L.) méze magasabb GAE értékeket mutatott, mint a mi mézmintáink.



12. ábra: Magyarországi repce- ($n=24$) és vegyes virágmézek ($n=18$) antioxidáns értékeinek összehasonlítása. (a) TRC (mg GAE kg⁻¹) ($t = -7,0313$; $p < 0,001$), (b) TEAC (μmol TE 100 g⁻¹) ($t = -12,326$; $p < 0,001$); (c) DPPH (IC₅₀ mg ml⁻¹) ($t = 3,4874$; $p < 0,05$); (d) ORAC (μmol TE g⁻¹) ($t = -6,233$; $p < 0,001$). (Forrás: Bodó és mtsai., 2020)

A TEAC értékek szűkebb tartományra korlátozódtak (12.b ábra). A TRC értékekhez hasonlóan, a TEAC értékek is alacsonyabbak voltak a repcemézek esetén, mint a vegyes virágmézeknél. A kora tavaszi virágmézeinkkel összehasonlítva, a TEAC értékek tipikusan magasabbak más – különböző botanikai eredetű – vegyes virágmézeknél, úgymint a kubai (Alvarez-Suarez és mtsai., 2010a), a brazil (Lianda és mtsai., 2012), az olasz (Perna és mtsai., 2012), a mexikói (Rodríguez és mtsai., 2012), vagy a dél-afrikai mézeknél (Serem & Bester, 2012).

A DPPH módszert is széles körben alkalmazzák mézek antioxidáns aktivitás vizsgálatára, többek között lengyel (Kuś és mtsai., 2014), cseh (Lachman és mtsai., 2010) és brazil (Silva és mtsai., 2013) mézek esetében. A DPPH elemzés során mért IC₅₀ értékek alacsonyabbak voltak

a multiflorális mézeknél, ami azt jelenti, hogy ezeknek a mézeknek a gyökmegkötő képessége szignifikánsan magasabb, mint a repcemézeké (9. táblázat, 12.c ábra). Beretta és mtsai. (2005) hasonló DPPH értékeket mértek a gyermekláncfű (*Taraxacum officinale* L.) fajtamézeikre ($IC_{50} = 47,6 \pm 0,4 \text{ mg ml}^{-1}$), mint a mi repcemézeinknél kapott eredmények, míg az eperfa méz sokkal aktívabb volt ($IC_{50} = 1,6 \pm 0,2 \text{ mg ml}^{-1}$). A szlovén mézek között a hársmez (*Tilia*) hasonló értéktartományt mutatott ($IC_{50} = 20,6-36,1 \text{ mg ml}^{-1}$), mint az általunk vizsgált mézek, de más fajtamézek magasabb aktivitást mutattak, kivéve az akácméz (*R. pseudoacacia*) (Bertoncelj és mtsai., 2007).

Az ORAC értékek szignifikánsan magasabbak voltak a vegyes virágmézeknél, mint a repcemézeknél (12.d ábra). Ez a módszer hidrogén atom átmeneten alapul, míg a TEAC, TRC és DPPH elektronátmeneten alapulnak (Alvarez-Suarez és mtsai., 2009), ezért az antioxidáns kapacitásért felelős összetevők más csoportját vizsgálhatják. Minél különbözőbb módszereket használunk, annál alaposabban tudjuk a minták bioaktivitását jellemezni. A mézek antioxidáns aktivitását jellemző más módszerekkel összehasonlítva, az ORAC ritkábban használt módszer. Repceméz mintáink értéktartománya az olasz epermézhez hasonlóan mutatkozott (Beretta és mtsai., 2005), míg a kanadai gyermekláncfű méz magasabb aktivitást mutatott, mint a vegyes virágmézeink (Brudzynski & Miotto, 2011). A mézmintáinkhoz képest a német és szerb mézek alacsonyabb aktivitást mutattak (Gheldof és mtsai., 2002b; Gorjanović és mtsai., 2013).

A különböző kutatások eredményeit nehéz összehasonlítani, hiszen ugyanazon módszer esetén is, az eredmények némileg különbözhetnek bizonyos módosításoknak (pl. mintakivonás, inkubációs idő) köszönhetően. Mégis egyértelmű összefüggés mutatkozik a teljes antioxidáns kapacitás eredményei és a méz színe között, a világ különböző pontjairól származó mézminták esetén. Ezt az általános, szignifikáns összefüggést munkánkban szintén alátámasztottuk (10. táblázat). A legerősebb korrelációt a TEAC és az ORAC között, illetve a TEAC és a színparaméterek között tapasztaltuk, míg a DPPH korrelál legkisebb mértékben a TEAC, ORAC és színparaméterekkel.

10. táblázat: Repce- és kora tavaszi vegyes virágméz minták vizsgált paramétereinek korreláció mátrixa (Pearson-féle korreláció koefficiens).

Változó	TRC	TEAC	DPPH	ORAC
TEAC	0.880**			
DPPH	0.826**	0.795**		
ORAC	0.816**	0.902**	0.765*	
Szín	0.893**	0.964**	0.715*	0.822**

Szignifikáns * $p < 0,01$; ** $p < 0,001$.

Pozitív lineáris korreláció figyelhető meg a teljes antioxidáns kapacitást (TAC) mérő módszerek között, ami összhangban áll más szerzők (Beretta és mtsai., 2005; Blasa és mtsai., 2006; Bertoneclj és mtsai., 2007) eredményeivel. Gheldof és mtsai. (2002) a német mézeknél a Folin-aktivitás és az ORAC lineáris függését figyelték meg. Számos szerző használt TEAC és DPPH vizsgálatot a mézek teljes antioxidáns kapacitásának mérésére, úgy, mint Rodríguez és mtsai. (2012) a mexikói mézekre, Lianda és mtsai. (2012) a brazil mézekre, Chang és mtsai. (2011) a kínai mézekre, Gorjanović és mtsai. (2013) a szerb mézekre. Mindannyian szignifikáns korrelációt mutattak ki a különböző TAC módszerrel mért értékek között. Esetünkben viszont a DPPH módszer viszonylag alacsony korrelációt mutatott a TEAC, ORAC és a színintenzitás értékekkel a kora tavaszi virágmézek és repcemézek esetén.

A teljes antioxidáns kapacitás és szín pozitív korrelációját számos kutatás alátámasztja (Bertoneclj és mtsai., 2007; Alvarez-Suarez és mtsai., 2010; Gorjanović és mtsai., 2013). A repce és kora tavaszi vegyes virágmézekre kapott eredményeinkhez hasonlóan, a cseh mézek 6 különböző fajtája közül, a repceméz alacsony, míg a vegyes virágmézek szignifikánsan magasabb TAC értékeket mutattak (Lachman és mtsai., 2010). Bertoneclj és mtsai. (2007) megfigyelték, hogy a szlovén méhlegelő legkevésbé bioaktív mézei uniflorális eredetűek voltak. Gyergyák és mtsai. (2016) viszont nem találtak kapcsolatot az antioxidáns kapacitás és a magyar mézminták uni- és multiflorális eredete között. Összhangban a mi eredményeinkkel, több tanulmány megállapította, hogy a sötétebb mézeknek magasabb a teljes antioxidáns kapacitása, míg a halvány fajtamézek viszonylag alacsonyabb TAC értékekkel jellemezhetők (Beretta és mtsai., 2005; Kaškonienè és mtsai., 2009). Tapasztalataink alapján, bár a kora tavaszi vegyesvirágmézek alacsonyabb kereskedelmi áron kaphatók, mint a fajtamézek, a vegyes virágmézeknek kedvezőbb lehet az egészségünkre gyakorolt hatása, a magasabb antioxidáns kapacitásuknak köszönhetően.

Prior és mtsai. (2016) a teljes antioxidáns kapacitás átfogóbb mérésére tettek kísérleteket az 5 legfontosabb szabadgyök induktor felhasználásával: peroxil gyök (ORAC), hidroxil gyök (HORAC), peroxinitrit (NORAC), szuperoxid anion (SORAC) és szinglet oxigén (SOAC). A különböző módszerek eredményeit úgy összegezték, mint többszörös gyököket használó ORAC (ORACMR5), ami pontosabban tükrözi a növényminták teljes antioxidáns kapacitását, mint a különféle egyéb különálló módszerek. Másik tanulmányban (Morita és mtsai., 2017) kékáfonya kivonatok teljes antioxidáns kapacitását mérték szabadgyök hozzáadása után, peroxil gyök, peroxinitrit, hipoklorit, 15-lipoxigenáz, és szinglet oxigén által. A TAC meghatározásán kívül, a lipidperoxidációs képességet is vizsgálták a nemrégiben bevezetett fluoreszcens módszerrel, difenil-pirenil-foszfin (DPPP)-oxid és egér vészérum

felhasználásával. A DPPH módszer jól működött magas fehérjetartalmú oldatokban (pl. szérum) és kimutatta a fehérjék oxidatív karboxilációját. Azonban, a méz fő összetevői különböző szénhidrátok, és sokkal kevesebb fehérjét tartalmaznak, mint a vérszérum. Ezáltal a DPPH teszt valószínűleg csak korlátozott információt szolgáltatna a fehérje módosulások okozta oxidatív stressz vonatkozásában. Mézekben a lipidperoxidáció elleni védőhatást Alvarez-Suarez és mtsai. (2012) különböző kubai mézminták segítségével mutatták ki, bemutatva azok különböző antioxidáns aktivitását.

A repce és kora tavaszi vegyes virágméz mintáink antioxidáns paramétereit nem befolyásolta sem az évszám, sem a földrajzi elhelyezkedés. Lachman és mtsai. (2010) viszont megfigyelték, hogy a teljes redukáló kapacitásra a földrajzi eredet és a sajátos éghajlati viszonyok is befolyással vannak. Fechner és mtsai. (2016) összehasonlították az Argentínából származó mézek földrajzi eredetét a fizikokémiai tulajdonságaikkal. A méz összetételéről és bioaktivitásáról megállapították, hogy főként a florális eredettől függ, azonban külső tényezők, úgy, mint a földrajzi, szezonális és éghajlati feltételek is szerepet játszanak (Bertoncelj és mtsai., 2007; Farkas & Zajác, 2007; Kropf és mtsai., 2010; Silva és mtsai., 2013), míg a feldolgozási és tárolási feltételek kisebb mértékben befolyásolhatják a bioaktivitást (Gheldof és mtsai., 2002b).

5.2.2.2. Magyarországi fajtamézek teljes antioxidáns kapacitása

A fajtamézek antioxidáns viselkedésének meghatározásához három különböző TAC mérő módszert használtunk. Az eredmények széles skálán mozogtak, a sötét mézek esetében szignifikánsan magasabb értékekkel, mint a világos mézek esetében (11. táblázat). A szín, TRC és ORAC paraméterek tekintetében, a sötét mézeknél mért értékek szélesebb skálán mozogtak, mint a világos mézek esetében. A színek segítségével az összes mézet meg tudtuk különböztetni egymástól, míg az ámorakác méz és a facéliaméz TRC, DPPH és ORAC értékei szignifikánsan nem különböztek egymástól. Számos kutató bizonyította, hogy az akácméz a legalacsonyabb antioxidáns értékekkel rendelkező méz (Beretta és mtsai., 2005; Bertoncelj és mtsai., 2007; Cimpiau és mtsai., 2013). A sötét mézek csoportjában, a napraforgó és szelídgesztenye mézek TRC értékei hasonló értékeket adtak, míg az ORAC nem tudta elválasztani a világos színű hársmézet a sötét színű szelídgesztenyétől. Az utóbbi esetre van néhány további kivétel, például a viszonylag világosabb szamócafa (*Arbutus* spp.) és a savanyú fa méze (*Oxydendrum arboreum* L.) különösen magas antioxidáns kapacitással bírnak, amely hasonló a sötét színű mézeknél tapasztaltakhoz (Bogdanov és mtsai., 2012). A szelídgesztenye méz kiemelkedő antioxidáns tulajdonságait számos kutató bizonyította (Perna és mtsai., 2012; Combarros-

Fuertes és mtsai., 2018; Kaygusuz és mtsai., 2018). Kutatásunkban, a TAC eredmények közül a mezei zsályaméz esetében kaptuk a legnagyobb értékeket. Gośliński és mtsai. (2020) a legmagasabb TRC értékeket a hajdina és mézharmat mézek esetében közölték (200 mg GAE/100g). A megfigyelés, miszerint a világos színű mézek alacsonyabb antioxidáns aktivitással rendelkeznek, mint a sötét mézek, a mi kutatásunk során is igaznak bizonyult, a hársmez kivételével.

11. táblázat: Magyarországi fajtamézek teljes antioxidáns kapacitása

Sorszám	Méz fajtája	TRC (mg GAE kg ⁻¹)	DPPH (IC50 mg ml ⁻¹)	ORAC (μmol TE g ⁻¹)
1	Akácmez	60,08 ± 6,24 ^a	61,76 ± 2,85 ^a	19,81 ± 1,72 ^a
2	Ámorakác méz	80,81 ± 15,81 ^b	55,48 ± 1,86 ^a	14,78 ± 1,16 ^b
3	Facélia	91,67 ± 19,03 ^b	55,78 ± 1,95 ^a	13,79 ± 0,58 ^b
4	Hárs	119,14 ± 13,80 ^c	35,86 ± 0,62 ^b	71,68 ± 5,43 ^c
5	Napraforgó	230,25 ± 8,35 ^d	26,62 ± 0,49 ^c	34,32 ± 3,57 ^d
6	Szelídgesztenye	232,82 ± 24,97 ^d	17,37 ± 0,57 ^d	75,20 ± 4,71 ^c
7	Édeskömény	468,00 ± 73,16 ^e	12,28 ± 0,25 ^e	61,33 ± 5,83 ^e
8	Mezei zsály	1116,15 ± 83,84 ^f	5,47 ± 0,02 ^f	114,89 ± 10,43 ^f
	Összesen			
	Világos színű mézek (1-4)	87,92 ± 25,67 ^a	52,22 ± 10,35 ^a	30,84 ± 25,01 ^a
	Sötét színű mézek (5-8)	511,81 ± 371,2 ^b	15,43 ± 8,07 ^b	71,54 ± 29,77 ^b

Az adatok az n=3 mintaszám átlag±szórásban kifejezett értékei. Az egy oszlopban lévő, különböző betűjellel ellátott átlagok szignifikánsan különböznek egymástól a Student's t-test ($p < 0,01$) szerint.

A mézek TRC értékeinek nagy változatosságát mutatták ki a világ különböző részein végzett kutatások. Kutatásunk során az akácmez adta a legalacsonyabb TRC értéket, összhangban más korábbi jelentésekkel, például az olasz (Beretta és mtsai., 2005) és szlovén (Bertoncelj és mtsai., 2007) mézeiről. Az eredményeink a fent említett kutatók által mért értékeknek megfelelnek, kivéve a hársmeznél, ami az ő vizsgálatukban kissé alacsonyabb értékeket mutatott. Flanjak és mtsai. (2016) szintén alacsonyabb értékeket mértek a Horvátországból származó akác-, szelídgesztenye- és hársmez esetében, míg Kuš és mtsai. (2014) magasabb TRC paramétereket mértek az akác- ($142,8 \pm 16$ mg GAE kg⁻¹) és hársmezekre ($192,5 \pm 17,8$ mg GAE kg⁻¹), mint a mi eredményeink. Továbbá Gül és mtsai. (2018) még magasabb értékeket mértek erre a három méztípusra, az akácmez esetében 51.91 mg GAE 100g⁻¹, a hársmez esetében 268.81 mg GAE 100g⁻¹, míg a szelídgesztenye méz esetében 327,60 mg GAE 100 g⁻¹ eredményekkel. Minden általunk vizsgált tanulmányban ugyanaz a tendencia figyelhető meg, a Folin reaktivitás tekintetében: akác < hárs < szelídgesztenye méz. Az általunk mért TRC érték a napraforgó mézre vonatkozóan összhangban volt a Pauliuc és mtsai. (2020) által közöltekkel. Sari és mtsai. (2012) 50 napraforgó méz paramétereit összegezték Törökországban, széles értéktartományt mutatva erre a mézfajtára (6,9-23,2 mg GAE 100 g⁻¹). Eredményeink az általuk közölt tartomány felső

határán helyezkednek el. Gül és mtsai. (2018) az akácmézhez hasonlóan, a hárs és szelídgesztenye mézre is sokkal magasabb értékeket mutatott ki ($77,64 \pm 0,86$ mg GAE 100 g^{-1}). A legsötétebb mézmintáink, azaz az édesköménymézek és különösen a mezei zsályamézek magas TRC értékeket adtak.

A DPPH módszer a mézminták szabad gyök-megkötő képességét határozta meg. Ebben az esetben minél alacsonyabb az IC_{50} érték, annál nagyobb az antioxidáns aktivitás. Kutatásunk során a legmagasabb DPPH gyök-megkötő képességet a mezei zsályaméznel azonosítottuk, míg a legalacsonyabbat az akácméznel. Az értékek szignifikáns különbséget mutattak ($p < 0,01$) a mézminták botanikai eredetétől függően, kivéve a világos színű akác, ámorakác és facéliaméz, amelyeknél az IC_{50} értékek nem különböztek egymástól szignifikánsan. Gyakran használják ezt a módszert mézek antioxidáns aktivitásának jellemzésére, például a lengyel (Kuś és mtsai., 2014; Džugan és mtsai., 2018; Gośliński és mtsai., 2020), cseh (Lachman és mtsai., 2010), román (Pauliuc és mtsai., 2020), indiai (Nayik és mtsai., 2018), vagy litván (Baltrušaitytė és mtsai., 2007) mézek esetében. Beretta és mtsai. (2005) és Bertoncelj és mtsai. (2007) a mi eredményeinkhez hasonló értékeket közölt az akácméz tekintetében, míg Flanjak és mtsai. (2016) sokkal alacsonyabb aktivitást mértek ($125,48 \text{ mg mL}^{-1}$). A hársmez mintánk aktivitása a Bertoncelj és mtsai. (2007) által mért tartomány ($28,8 \pm 5,4 \text{ mg mL}^{-1}$) felső részén helyezkedik el, míg a Flanjak és mtsai. (2016) által mért eredmények ($42,77 \pm 10,32 \text{ mg mL}^{-1}$) alacsonyabb tartományában. A szelídgesztenye mézmintáink aktivitása alacsonyabb volt, mint a fent említett irodalmakban mértéké. A Görögországból származó vegyes virágmézek DPPH aktivitása széles skálán mozgott, $7,5$ és $109,0 \text{ mg mL}^{-1}$ között. Kutatásunk során a mezei zsályaméz magasabb antioxidáns aktivitást mutatott még ezekhez a görög mézekhez hasonlítva is (Stagos és mtsai., 2018).

Más – mézek antioxidáns kapacitását jellemző – módszerekkel összehasonlítva, az ORAC ritkábban használt módszer. Összhangban a TRC és DPPH eredményekkel, a sötét színű mézek ORAC aktivitása szignifikánsan magasabb volt, mint a világos színű mézeké. Ez a módszer azonban a hársmezet különválasztotta a világos színű mézektől, hasonlóan magas ORAC értékkel, mint amit a szelídgesztenye méz esetében mértünk. Eredményeinknek megfelelően, az egyik legalacsonyabb ORAC aktivitás értéket az akácmézben mérték (Gorjanović és mtsai., 2013; Gheldof és mtsai., 2002b). Az eredményeinkhez hasonlóan a Beretta és mtsai. (2005) által vizsgált szelídgesztenye méz ORAC értéke körülbelül négyszerese volt az akácmézének.

5.2.2.3. Selyemfű, aranyvessző, és két vegyes virágméz teljes antioxidáns kapacitása

A selyemfű, aranyvessző és multiflorális mézek esetében négy különböző TAC módszert használtunk a bioaktivitásuk meghatározására (12. táblázat). Az elektronátmeneten alapuló módszerek – TRC, TEAC és DPPH – eredményei párhuzamos tendenciát mutattak a mézek színével. A TRC különbséget mutatott a selyemfű, az aranyvessző és a Lamiaceae-jellegű vegyes virágméz (MF-Lamiaceae) között, de a *Tilia*-jellegű vegyes virágméz (MF-*Tilia*) már nem különbözött szignifikánsan az uniflorális mézektől. A világos és sötét színű mézminták tisztán szétválaszthatók a TEAC eredményeik alapján. A DPPH módszer különböztette meg legkevésbé a vizsgált mézeket. A hidrogén-atom-átmeneten alapuló módszer, az ORAC elválasztotta az uni- és multiflorális mézeket egymástól. A legmagasabb, elektronátmeneten alapuló antioxidáns kapacitást a sötét színű MF-Lamiaceae esetében mértük, míg a legalacsonyabbat a selyemfű adta. Az ORAC eredmények tekintetében, az MF-*Tilia* mutatta a legmagasabb értéket, míg az aranyvessző a legalacsonyabbat.

12. táblázat: Selyemfű, aranyvessző és két vegyes virágméz teljes antioxidáns kapacitása

Sor- szám	Méz fajtája	TRC (mg GAE kg ⁻¹)	TEAC (μmol TE 100 g ⁻¹)	DPPH (IC ₅₀ mg mL ⁻¹)	ORAC (μmol TE g ⁻¹)
1	Selyemfű	144,72 ± 17,17 ^a	110,87 ± 3,80 ^a	37,61 ± 0,41 ^a	22,67 ± 0,97 ^a
2	MF- <i>Tilia</i>	195,44 ± 9,87 ^{ab}	124,35 ± 6,94 ^a	37,16 ± 1,57 ^a	63,00 ± 4,43 ^b
3	Aranyvessző	255,27 ± 22,44 ^b	155,71 ± 7,91 ^b	33,65 ± 2,20 ^{ab}	19,50 ± 1,69 ^a
4	MF-Lamiaceae	475,71 ± 40,63 ^c	177,87 ± 4,20 ^b	28,52 ± 0,81 ^b	32,41 ± 2,41 ^c

Az adatok az n=3 mintaszám átlag±szórásban kifejezett értékei. Az egy oszlopban lévő, különböző betűkkel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek egymástól a Student's t-test ($p < 0,01$) szerint.

A vegyes virágmézek vizsgálata sok esetben azok pollen spektrumának vagy akár színének meghatározása nélkül szerepel több szakirodalomban is. Mindazonáltal, komplex vizsgálatunkban törekedtünk arra, hogy ezeket antioxidáns paramétereik alapján összehasonlítsuk. Maurya és mtsai. (2014) különböző országból származó mézek TAC értékeit foglalták össze. A vegyes virágmézek TRC értékei 32 és 147 mg GAE kg⁻¹ között mozogtak. Srećković és mtsai. (2019) alacsonyabb TRC értékeket mértek a vegyes virágmézekre (87 mg GAE kg⁻¹) a mi eredményeinkkel összehasonlítva. A lengyel multiflorális mézek hasonlóan magas TRC értékeket mutattak, mint az MF-Lamiaceae mintánk (Džugan és mtsai., 2018; Sawicki és mtsai., 2020;). Kutatásunk során az MF-*Tilia* és az MF-Lamiaceae hasonló TRC értékeket mutatott, mint a Törökországból származó sáfrányos imola (*Centaurea solstitialis* L.) és a fodros metélőpetrezselyem (*Petroselinum crispum* L.) mézek (Gül és mtsai., 2018). Meda és mtsai. (2005) túlnyomórészt magasabb TRC aktivitást (325-937 mg GAE kg⁻¹) mértek 18 Burkina Faso területéről (Afrika) származó vegyes virágméznél, a mi MF-Lamiaceae mintánk eredményeivel összehasonlítva. Az aranyvessző mézünk TRC eredményeit a lengyel, *Solidago*

virgaurea fajtól származó aranyvessző mézzel összehasonlítva azt kaptuk, hogy az utóbbi szignifikánsan alacsonyabb értékeket adott (147-199 mg GAE kg⁻¹) (Kuš és mtsai., 2014). Ezzel szemben Jasicka-Misiak és mtsai. (2018) hasonló értékeket mértek (210,3 mg GAE kg⁻¹), Piljac-Žegarac és mtsai. (2009) pedig magasabb aktivitást (492 mg GAE kg⁻¹) kaptak a horvát aranyvessző (*S. virgaurea* L.) mézek esetében. Džugan és mtsai. (2018) tanulmányában az aranyvessző méz volt az egyedüli, aminek TRC értéke nem korrelált a színével, ugyanis világos színe ellenére az antioxidáns kapacitása a sötét mézharmat mézhez volt mérhető.

Mézmintáink TEAC értékei alacsonyabbak voltak, mint a szerb sötét színű fajtamézeké, úgymint a zsályaméz (352 μmol TE 100 g⁻¹) vagy az erdei méz (585 μmol TE 100 g⁻¹), de magasabbak voltak, mint a világos színű akácméz (102 μmol TE 100 g⁻¹) (Gorjanović és mtsai., 2013). Mézmintáink TEAC értékei a szicíliai fekete házi méhek (*Apis mellifera* ssp. *sicula*) által gyűjtött uniflorális mézek gyök-megkötő képességi tartományának közepén helyezkednek el, ahol a mandarin (*Citrus reticulata*) méze adta a legalacsonyabb TEAC aktivitást (19,2 μmol TE 100 g⁻¹), míg a kapor (*Anethum graveolens* L.) (270,3 μmol TE 100 g⁻¹) méze a legmagasabbat (Attanzio és mtsai., 2016). A Brazíliában őshonos Meliponini törzsbe tartozó méhek által készített fajtamézekhez viszonyítva mézeink magasabb értékeket mutattak (Sousa és mtsai., 2016). A selyemfű méz antioxidáns kapacitása hasonló volt, mint a korábbi kutatásunkban mért értékek a kora tavaszi multiflorális mézek esetében (Bodó és mtsai., 2020).

A DPPH aktivitás tartománya szűkebb volt, mint a TRC és TEAC esetében. A TEAC-nál megfigyelhető nagyobb aktivitás-tartomány azzal magyarázható, hogy a TEAC (ABTS•⁺) gyök reakcióba lép mind a hidrofíll, mind a lipofíll antioxidánsokkal, míg a DPPH csak a lipofíllal (Jasicka-Misiak és mtsai., 2018). A DPPH analízis során kapott IC₅₀ értékek szignifikánsan alacsonyabbak voltak a sötét vegyes virágmézeknél, ami azt jelenti, hogy az antioxidáns erejük nagyobb, mint a világosabb mézeké. A jelen tanulmányban mért négyféle méz DPPH értéke hasonló tartományban mozgott, mint a korábbi vizsgálatunk során mért hárs- és a napraforgómézek aktivitásai (Bodó és mtsai., 2021). A szlovén és török hársmézek (*Tilia*) hasonló DPPH értékeket mutattak, mint az MF-Lamiaceae mézünk. A többi, alacsonyabb antioxidáns aktivitású mintáink hasonló értékeket mutattak a török sáfrányos imola (*Centaurea solstitialis* L.) mézhez (Gül és mtsai., 2018; Bertoneclic és mtsai., 2007). Beretta és mtsai. (2005) alacsony antioxidáns értékeket közöltek az uniflorális gyermekláncfű- és akácmézekre, míg a vegyes virágmézeik sokkal aktívabbak voltak (IC₅₀ = 5,32 ± 0,2 mg mL⁻¹), mint az általunk vizsgált mézek.

Martinello & Mutinelli (2021) szerint az ORAC a biológiailag legrelevánsabb módszer, amely hidrogén-atom-átmeneten alapul. Ebből következően az antioxidánsok különböző

csoportját méri az elektrontranszferen alapuló módszerekkel szemben. Ennek megfelelően másféle összefüggést tárt fel a SET módszeren alapuló eredményekhez képest. Az aranyvesszőméz hasonlóan alacsony ORAC aktivitást mutatott, mint az akácméz, míg a multiflorális mézek szignifikánsan magasabb antioxidáns kapacitást mutattak, hasonló értékkel, mint a sötét színű édeskömény méz és a borostyánsárga napraforgóméz (Bodó és mtsai., 2021). A selyemfűméz hasonló ORAC értéket mutatott, mint a szamócafa méze, továbbá többi mézmintánk eredményei szignifikánsan magasabbak voltak a sötét afrikai vagy a hajdinamézénél is (Beretta és mtsai., 2005). A mézeinkkel összehasonlítva a szerb uniflorális mézek alacsonyabb ORAC aktivitást mutattak, míg a Brazíliában őshonos Meliponini törzsbe tartozó méhek által gyűjtött mézek magasabb értékeket adtak (Gorjanović és mtsai., 2013; Ávila és mtsai., 2019).

5.2.3. A mézek makro-, mikro- és toxikus elem tartalma

5.2.3.1. *A kora tavaszi mézminták makro- és mikroelem tartalma*

Mindkét méztípus esetében a legnagyobb mennyiségben előforduló makrotápanyag a kálium volt, ezt követte a kalcium, foszfor, kén, magnézium és a nátrium (13. táblázat). A vegyes virágmézek szignifikánsan magasabb koncentrációban tartalmazták a vizsgált elemeket, mint a repcemézek, kivéve a kalciumot. Madejczyk és Baralkiewicz (2008) hasonló mennyiségű káliumot közölt repcemézekenél. A többi makroelem koncentrációja a vizsgált repcemézekben összhangban áll azzal, amit a Bulgáriából származó repcemézek esetében közöltek (Atassanova és mtsai., 2012), de a kalcium és magnézium tartalom alacsonyabb volt, mint a cseh mintákban (Vit és mtsai., 2010). A főként Magyarország alföldi régiójából származó repcemézek átlagos makrotápanyag koncentrációja magasabb volt (Czipa és mtsai., 2015), mint a mi eredményeink.

13. táblázat: A repce és kora tavaszi vegyes virágméz minták makroelem tartalma az évjárat és földrajzi eredet szerint

	K (mg kg ⁻¹)	Ca (mg kg ⁻¹)	P (mg kg ⁻¹)	S (mg kg ⁻¹)	Mg (mg kg ⁻¹)	Na (mg kg ⁻¹)
Évjárat						
Repce, 2014 (n=6)	200 ± 90 ^a	43 ± 9 ^a	24 ± 5 ^a	12 ± 2 ^a	12 ± 3 ^a	8 ± 3 ^a
Repce, 2015 (n=6)	190 ± 50 ^a	41 ± 7 ^a	26 ± 7 ^a	14 ± 2 ^a	14 ± 2 ^a	10 ± 4 ^a
Vegyes virágméz., 2014 (n=6)	480 ± 90 ^b	39 ± 3 ^a	44 ± 5 ^b	21 ± 2 ^b	17 ± 1 ^a	12 ± 3 ^a
Vegyes virágméz., 2015 (n=6)	470 ± 90 ^b	44 ± 12 ^a	40 ± 2 ^b	20 ± 4 ^{ab}	17 ± 1 ^a	13 ± 3 ^a
Földrajzi eredet						
Repce, Helyszín 1 (n=3)	160 ± 20 ^a	37 ± 6 ^a	19.9 ± 0.5 ^a	11.7 ± 0.4 ^a	11 ± 1 ^a	5.6 ± 0.8 ^a
Repce, Helyszín 2 (n=3)	280 ± 60 ^b	48 ± 4 ^a	25 ± 1 ^b	14 ± 1 ^b	16 ± 1 ^b	11 ± 2 ^b
Repce, Helyszín 3 (n=3)	170 ± 60 ^a	36 ± 8 ^a	28 ± 1 ^b	13 ± 5 ^b	12 ± 4 ^a	12 ± 5 ^b
Repce, Helyszín 4 (n=3)	170 ± 50 ^a	44 ± 6 ^a	27 ± 4 ^b	14 ± 1 ^b	12 ± 1 ^a	11 ± 1 ^b
Vegyes virágméz, Helyszín 5 (n=4)	460 ± 110 ^b	40.6 ± 0.3 ^a	46 ± 6 ^c	23 ± 1 ^c	17.6 ± 0.5 ^b	14 ± 1 ^c
Vegyes virágméz, Helyszín 6 (n=4)	470 ± 140 ^b	37 ± 6 ^a	38 ± 2 ^c	21 ± 3 ^c	17 ± 1 ^b	13.8 ± 0.4 ^c
Vegyes virágméz, Helyszín 7 (n=4)	480 ± 110 ^b	46 ± 18 ^a	41 ± 2 ^c	20 ± 4 ^c	16 ± 1 ^b	15 ± 3 ^c
Összesen						
Repce (n=12)	190 ± 70 ^a	42 ± 8 ^a	25 ± 6 ^a	13 ± 2 ^a	13 ± 3 ^a	9 ± 3 ^a
Vegyes virágméz (n=12)	470 ± 80 ^b	41 ± 8 ^a	42 ± 5 ^b	21 ± 3 ^b	17 ± 1 ^b	13 ± 3 ^b

Az adatok az n mintaszám átlag±szórásban kifejezett értékei. Az egy csoporton belül (évjárat, földrajzi eredet, összesen) lévő, különböző betűkkel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek egymástól a Student's t-test ($p < 0,05$) szerint.

Rajs és mtsai. (2017) megfigyelték, hogy a kálium, foszfor és magnézium koncentrációja különbözött két évjárat között, mi viszont a kutatásunk során nem tapasztaltunk különbséget. Azonban, a földrajzi eredet hatással volt a repceméz minták makroelem profiljára. A Marcaliból (Helyszín 2) származó mézek kálium és magnézium tartalma magasabb volt, mint a többi repceméz mintáé, és nem tért el szignifikánsan a vegyes virágmézektől. Továbbá a Kaposmérőből (Helyszín 1) származó repcemézek foszfor, kén és nátrium tartalma alacsonyabb volt, mint más minták esetében.

A vizsgált mikroelemek között, a repceméz mintákban a bór, vas és mangán, míg a vegyes virágméz mintákban a réz és cink volt detektálható a fent említett elemeken kívül. A bórtartalom repcemézekben ($6,0 \pm 1,2$ mg kg⁻¹) és a vegyes virágmézekben ($6,9 \pm 1,7$ mg kg⁻¹) statisztikailag nem különbözött, míg a mangántartalom szignifikánsan magasabb volt a vegyes virágmézekben ($0,37 \pm 0,05$ mg kg⁻¹), mint a repcemézekben ($0,2 \pm 0,1$ mg kg⁻¹). Az évjárat vagy a földrajzi eredet szerint, a fent említett mikroelemek mennyisége nem különbözött. A minták között a legmagasabb bór- ($8,0 \pm 0,2$ mg kg⁻¹) és vastartalmat ($1,4 \pm 0,5$ mg kg⁻¹) a Bakonyból származó (Helyszín 5) vegyes virágméz mintában mutattuk ki. Rézet és cinket egyedül a vegyes virágmézekben találtunk. A cinktartalom a Bakonyból származó mintákban

($2,0 \pm 0,4 \text{ mg kg}^{-1}$) magasabb volt, mint a Bányáról (Helyszín 6) származó ($0,42 \pm 0,12 \text{ mg kg}^{-1}$) és a mecseki (Helyszín 7) ($0,54 \pm 0,22 \text{ mg kg}^{-1}$) mézek esetében.

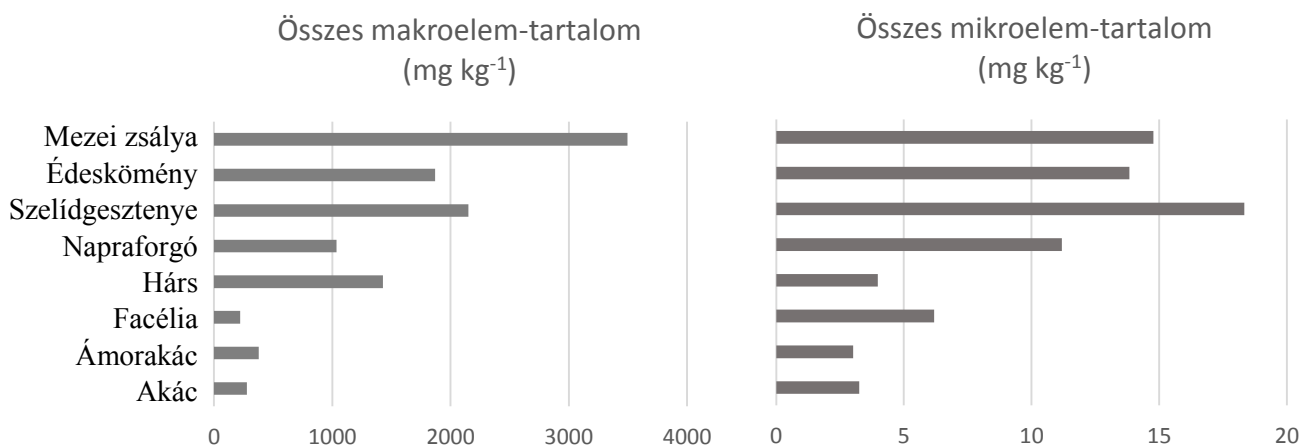
A toxikus elemek közül az alumínium és ólom egyedül az algyői (Helyszín 4) repceméz mintákban volt mérhető. Alumíniumot mindkét évben találtunk ($1,33 \pm 0,02 \text{ mg kg}^{-1}$), míg ólom csak a 2014-ből származó mintában volt ($0,89 \text{ mg kg}^{-1}$) volt detektálható. Arzén, kadmium, kobalt, króm, molibdén, nikkel és vanádium a kimutathatósági határ alatt ($<0,1 \text{ mg kg}^{-1}$) voltak az összes minta esetében.

Az Egyiptomból és Olaszországból származó uni-, multiflorális és mézharmat mézek makro- és nyomelem vizsgálatakor, Rashed és Soltani (2004), Pisani és mtsai. (2008) megállapították, hogy bizonyos földrajzi jellemzők hatással vannak a mézek kémiaiására. Conti és mtsai. (2007, 2018) olasz vegyes virágmézeket vizsgáltak, és megfigyelték, hogy az ásványi anyag tartalom a földrajzi eredet markereként szolgálhat, de nem a környezetszennyezés biológiai jelzőjeként. A mézen kívül a biomonitoring kutatásokban, más mézelő méhfajták és termékeik elemzése javasolt megbízható eszközként a környezetszennyezés vizsgálatához (Conti & Botré, 2001; Satta és mtsai., 2012; Saunier és mtsai., 2013).

A legtöbb toxikus elem mennyisége detektálási határ alatt volt mézmintáinkban, ami arra enged következtetni, hogy a nektárforrások nem voltak kitéve szennyezésnek, vagy csak nagyon kis mértékben.

5.2.3.2. Magyarországi fajtamézek makro- és mikroelem tartalma

A Magyarország nyugati részéről származó mintáink ásványi paramétereit elsősorban az ország déli és keleti részéről származó mézmintákkal hasonlítottuk össze (Amtmann, 2009; Czipa és mtsai., 2015; Sajtos és mtsai., 2019). A makrotápanyagok tekintetében a sötét színű mezei zsályaméz különösen gazdag volt ásványi anyagokban (átlagosan 3497 mg kg^{-1}), míg a világos színű facéliaméz szegénynek (átlagosan 222 mg kg^{-1}) bizonyult (13. ábra, 14. táblázat).



13. ábra: Magyarországi fajtamézek átlagos makro- (a) és mikroelem (b) koncentrációja (forrás: Bodó és mtsai. 2021)

14. táblázat: Magyarországi fajtamézek makroelem-tartalma

Sor-szám	Méz fajtája	K (mg kg ⁻¹)	Ca (mg kg ⁻¹)	P (mg kg ⁻¹)	S (mg kg ⁻¹)	Mg (mg kg ⁻¹)	Na (mg kg ⁻¹)
1.	Akác	226,56 ± 17,42 ^a	12,39 ± 1,44 ^a	24,92 ± 1,62 ^a	7,07 ± 0,35 ^a	5,24 ± 0,28 ^a	5,99 ± 0,16 ^a
2.	Ámorakác	282,47 ± 19,22 ^b	16,61 ± 2,50 ^{a,b}	42,25 ± 3,65 ^b	13,11 ± 1,44 ^b	8,38 ± 0,29 ^b	14,25 ± 2,05 ^b
3.	Facélia	145,62 ± 4,23 ^c	19,88 ± 3,11 ^b	33,68 ± 2,46 ^c	13,04 ± 0,88 ^b	6,04 ± 0,33 ^c	3,56 ± 3,09 ^a
4.	Hárs	1278,08 ± 18,97	67,85 ± 8,01 ^c	41,52 ± 4,46 ^{b,c}	15,89 ± 4,46 ^c	16,51 ± 0,30 ^d	9,29 ± 1,03 ^c
5.	Napraforgó	758,95 ± 18,69 ^e	126,37 ± 14,93 ^{d,e}	76,25 ± 8,22 ^d	26,53 ± 8,22 ^d	33,26 ± 1,28 ^e	13,23 ± 1,70 ^b
6.	Szelíd- gesztenye	1815,79 ± 20,69	153,01 ± 12,60 ^d	79,04 ± 5,41 ^d	35,55 ± 5,41 ^{d,e}	45,38 ± 17,32 ^e	20,94 ± 0,80 ^d
7.	Édeskömény	1373,99 ± 41,36	103,46 ± 14,64 ^e	251,85 ± 28,47 ^e	44,91 ± 28,47 ^e	86,82 ± 3,29 ^f	9,14 ± 0,31 ^c
8.	Mezei zsálya	2523,02 ± 28,45	135,60 ± 21,16 ^d	549,66 ± 54,64 ^f	96,68 ± 54,64 ^f	167,12 ± 2,08 ^g	25,08 ± 2,76 ^e

Az adatok az n=3 mintaszám átlag±szórásban kifejezett értékei. Az egy oszlopban lévő, különböző betűkkel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek egymástól a Student's t-test ($p < 0,05$) szerint.

A világos mézek csoportjában – a hárs kivételével – a teljes makroelem tartalom 300 mg kg⁻¹ alatt volt, míg a többi méztípusnál ez az érték 1000 mg kg⁻¹ feletti volt. Ahogy vártuk, a kálium a legnagyobb mennyiségben előforduló ásványi anyag az összes vizsgált fajtamézekben. A hársméznek szignifikánsan magasabb volt a kálium tartalma, és következésképpen a teljes makrotápanyag tartalma (1429 mg kg⁻¹) is magasabb volt, mint a többi világos mézé, sőt még a sötét színű napraforgóénál (1034 mg kg⁻¹) is. Az átlagos kálium szint az akác- és hársmézekben összhangban állt horvátországiakkal (Bilandžić és mtsai., 2014). Bayram és mtsai. (2020) Törökországból származó fajtamézek vizsgálata során jóval magasabb makroelem tartalmat

mérték a hársmézek tekintetében (pl. K: 3607,39 mg kg⁻¹, Na: 24,48 mg kg⁻¹, Mg: 40,21 mg kg⁻¹, P: 89,50 mg kg⁻¹), kivéve a kalciumtartalmat, ami hozzávetőlegesen a fele volt (32,53 mg kg⁻¹) a mi eredményünknek. Továbbá hasonló nagyságrendű értékeket kaptak a szelídgesztenyeméz esetében is. Viszonylag magas kálium és kalcium mennyiséget találtak Magyarország más részeiről származó hárs- és szelídgesztenyemézben is (Czipa és mtsai., 2015; Sajtos és mtsai., 2019). Ezek az eredmények összhangban vannak a megfigyeléseinkkel a kálium tartalom tekintetében, mézeink között elemtartalom szempontjából a következő sorrendet tudtuk felállítani: facélia < akác < napraforgó < hárs < szelídgesztenye. A szelídgesztenyeméz kálium- és kalciumtartalma szignifikánsan magasabb az előzőleg Kaygusuz és mtsai. (2016) által akácmézeknél leírtaknál. Ha ugyanabban a mézmintában nézzük a kalcium és foszfor, illetve a kén és magnézium tartalmat, szignifikáns különbséget ($p < 0,05$) tapasztalunk a mézfajták között a következő sorrendben: hárs, napraforgó és szelídgesztenyeméznek magasabb a kalcium tartalma, mint a foszforé, míg a világos színű akác-, ámorakác-, facélia- és a sötét édeskömény- és mezei zsályamézek fordított relációt mutatnak. A fent említett öt mézfajta abszolút értékei nem egységesek a Magyarországon vizsgált mézek között (Czipa és mtsai., 2015; Amtmann, 2009); azonban a kalcium és foszfor átlagértékeit tekintve a tendencia figyelemreméltó korrelációt mutat. A kén és magnézium szintén különböző mennyiségi kapcsolatot mutat a mézfajtákban. A kéntartalom magasabb, mint a magnéziumtartalom a világos színű akác, ámorakác és facéliaméz esetében, míg a sötét színű édeskömény és mezei zsályaméznel ez az arány fordított. A hárs, napraforgó és szelídgesztenyemézek mindkét elemet hasonló mennyiségben tartalmazzák. Hasonlóan a mi eredményeinkhez, az akác és facéliaméz kéntartalma szignifikánsan magasabb volt, mint a magnézium tartalmuk (Czipa és mtsai., 2015). A magnézium tartalom hasonló tartományban volt a Bulgáriából, Franciaországból, Olaszországból és Lengyelországból származó közlemények adataival; csupán az édeskömény és mezei zsályaméz voltak a felső határ felett (Solayman és mtsai., 2016). A makrotápanyagok közül a nátrium mennyisége volt a legalacsonyabb, kivéve az akác- és ámorakác mézeket, ahol a magnéziumé. Nayik és mtsai. (2018) magasabb nátrium- és foszfor mennyiséget mértek az Indiából származó akácmézeknél. A magas nátrium szint szintén jellemző az avokádó mézre is, melyben a nátrium a második leggyakoribb ásványi anyag (Terrab és mtsai., 2005). A nátrium tartalom szignifikánsan különbözött a különböző földrészekről származó mézek között, például az Európából származó (Bulgária, Olaszország, Lengyelország) mézek kis mennyiségben tartalmaztak nátriumot, míg az Indiából és Malajziából származó mézekben sokkal nagyobb mennyiségben volt jelen (Solayman és mtsai., 2016). Összehasonlítva az eredményeinkkel, az olasz multiflorális mézek

makroelem tartalma különböző sorrendben csökkent ($K > S > Ca > P > Na > Mg$) (Conti és mtsai., 2018).

A mézmintáink mikroelem tartalmát a 13.b ábrán és a 15. táblázatban foglaltuk össze. A sötét mézekben mindegyik jelen volt, míg a réz, vas és mangán kimutathatósági szint alatt volt néhány világos színű méznel. Következésképpen a sötét színű mézek csoportja szignifikánsan gazdagabb volt mikrotápanyagokban, mint a világos mézek. A szelídgesztenyeméz volt a leggazdagabb, míg az ámorakác méz a legszegényebb a mikroelem tartalmát tekintve, sorrendben $17,3 \text{ mg kg}^{-1}$ és $3,0 \text{ mg kg}^{-1}$ átlagos mennyiségekkel. A mikroelemek szerint a facélia elválasztható volt a többi világos színű méztől a szignifikánsan magasabb bór és cink tartalmának köszönhetően, és a szelídgesztenyeméz kitűnt a sötét színű mézek közül az extrém magas mangán tartalmával. A vizsgált mikrotápanyagok között a bór jelent meg a legnagyobb mennyiségben az összes vizsgált méztípusnál, kivéve a szelídgesztenyemézet. Antmann és mtsai. (2009) alacsonyabb bórtartalmat mértek az akác-, napraforgó-, a szelídgesztenyeméz és még a facéliaméz ($0,98 \text{ mg kg}^{-1}$) esetében is, összehasonlítva a mi eredményeinkkel, míg a hársmezre kapott értékeik hasonlóak voltak. Ellenben, a mi és Antmann (2009) eredményeihez képest, Sajtos és mtsai. (2019) magasabb bórtartalmat mértek a fent említett mézekben. Az eredményeinkhez hasonlóan, az akác- és facéliaméz réztartalma nagyon alacsony volt, vagy kimutatási határon alul volt Czipa és mtsai. (2015) vizsgálatai szerint. Hasonló átlagmennyiségeket közöltek a réz tekintetében napraforgó méznel, míg magasabb réztartalmat találtak a hársmezben ($0,320 \pm 0,073 \text{ mg kg}^{-1}$). Továbbá az általuk vizsgált akác- és napraforgóméz átlagos vastartalma hasonló volt a mi eredményeinkhez, de a facéliamézé alacsonyabb ($0,225 \text{ mg kg}^{-1}$) volt, míg a hársmezé magasabb ($0,612 \text{ mg kg}^{-1}$). A legmagasabb vastartalmat az édeskömény mézben mértük, de a Franciaországból és a Malajziából származó mézek esetében sokkal magasabb felső határt mutattak ki a vastartalom tekintetében (sorrendben $86,76 \text{ mg kg}^{-1}$ és 233 mg kg^{-1}) (Solayman és mtsai., 2016). A mikrotápanyagok között a szelídgesztenyemézet kiemeltük a magas mangán tartalma miatt, összhangban Sajtos és mtsai. (2019) eredményeivel, akik még a mienknél is magasabb mennyiséget ($11,9 \text{ mg kg}^{-1}$) mértek ennél a fajtaméznel. A szelídgesztenyemézek magas mangántartalmát több szerző is megerősítette, hasonló értékekkel, mint a fenyőméz, de valamivel alacsonyabban, mint a tölgyfaméz (Bogdanov és mtsai., 2007; Kaygusuz és mtsai., 2016). A legmagasabb cinktartalmat a napraforgó mézmintánkban találtuk, megerősítve Sajtos és mtsai. (2019) megfigyelését, akik a napraforgó mézek cinktartalmát hasonlított össze az akác-, hárs-, facélia és szelídgesztenye mézekével. A mi eredményeinkhez hasonlóan, Bogdanov és mtsai. (2007) magasabb réz, vas és cinktartalmat mutattak ki a szelídgesztenyemézben, mint az akácban. A

hársméz tekintetében hasonló réz és vastartalmat mutatott, és magasabb cinktartalmat, mint a szelídgesztenye mézmintájuk, míg a mi kutatásunkban a hársméz alacsonyabb mennyiségben tartalmazott minden mikrotápanyagot, mint a szelídgesztenye méz. Az eredményeinkkel összehasonlítva, Horvátországban magasabb réz- és vas szintet közöltek az akác-, hárs- és szelídgesztenye mézre, míg a cinktartalom a mi mintáinkban volt magasabb (Bilandžić és mtsai., 2014).

15. táblázat: Magyarországi fajtamézek mikroelem-tartalma

Sor- szám	Méz fajtája	B (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
1.	Akác	2,99 ± 0,21 ^a	<0,10	<0,05	0,12 ± 0,02 ^a	0,15 ± 0,08 ^a
2.	Ámorakác	2,58 ± 0,41 ^a	<0,10	<0,05	0,13 ± 0,01 ^a	0,31 ± 0,04 ^a
3.	Facélia	4,10 ± 0,52 ^b	<0,10	0,91 ± 0,54 ^a	<0,10	1,17 ± 0,25 ^b
4.	Hárs	2,70 ± 0,09 ^a	0,12 ± 0,02 ^a	<0,05	1,01 ± 0,03 ^b	0,15 ± 0,08 ^a
5.	Napraforgó	4,90 ± 0,61 ^b	0,23 ± 0,02 ^b	0,75 ± 0,09 ^a	0,45 ± 0,01 ^c	4,87 ± 0,15 ^c
6.	Szelídgesztenye	4,51 ± 0,44 ^b	0,34 ± 0,20 ^{a,b}	1,16 ± 0,85 ^{a,b}	8,45 ± 2,81 ^d	3,88 ± 1,23 ^{c,d}
7.	Édeskömény	6,46 ± 0,97 ^c	0,82 ± 0,03 ^c	3,07 ± 0,47 ^c	0,27 ± 0,03 ^e	3,21 ± 0,18 ^d
8.	Mezei zsálya	7,56 ± 0,74 ^c	1,67 ± 0,03 ^d	2,35 ± 0,26 ^{b,c}	0,56 ± 0,01 ^f	2,63 ± 0,20 ^e

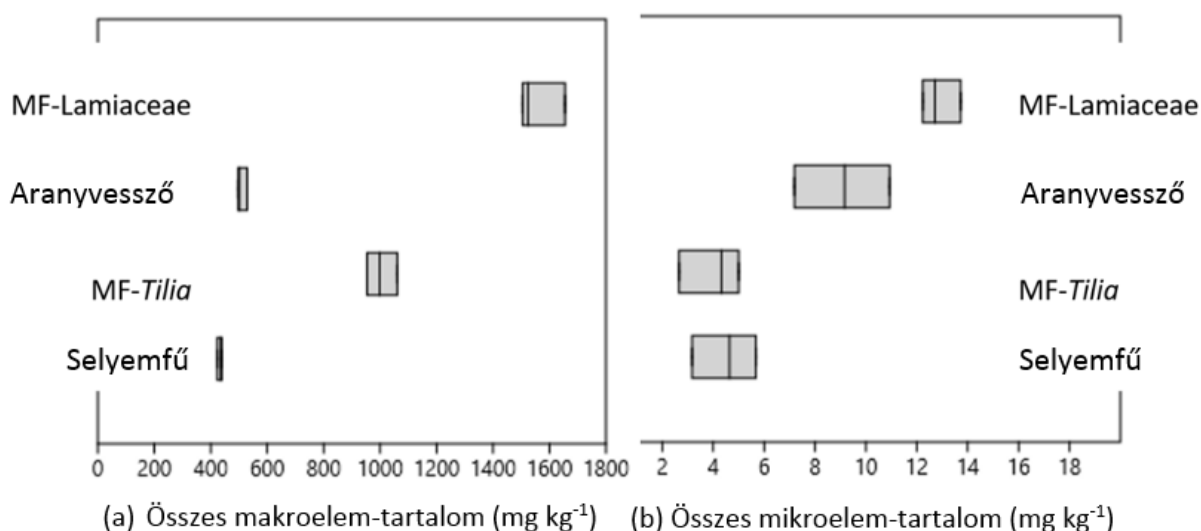
Az adatok az n=3 mintaszám átlag±szórásban kifejezett értékei. Az egy oszlopban lévő, különböző betűkkel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek egymástól a Student's t-test ($p < 0,05$) szerint.

A nyomelemek csoportjából kilenc elemet vizsgáltunk: alumínium, arzén, kadmium, kobalt, króm, molibdén, nikkel, ólom és vanádium. A hárs, napraforgó és szelídgesztenye minta közül a három biológiai ismétlésből egy-egy tartalmazott alumíniumot (sorrendben 1,07, 1,04 és 1,76 mg kg⁻¹). A szelídgesztenye-, édeskömény- és mezei zsályaméz számszerűsíthető kadmium tartalmat mutatott (sorrendben 0,12 ± 0,028, 0,22 ± 0,01 és 0,40 ± 0,005 mg kg⁻¹), míg nikkelt csak az egyik szelídgesztenyeméz mintában tudtunk kimutatni (0,15 mg kg⁻¹). A többi kimutatási határ (<0,1 mg kg⁻¹) alatt volt, ami jelzi, hogy a kutatásunkban vizsgált mézek nektárforrása nem szennyeződött vagy csak nagyon csekély mértékben. A nehézfémek magas koncentrációja, mint a kobalt, króm, arzén, kadmium, higany és ólom, a mézekben toxikus lehet az emberek számára, anyagcsere rendellenességeket, légzőrendszeri problémákat vagy akár még a vesék és idegrendszer károsodását okozva (Ritter, 2002; Afroz és mtsai., 2016). Solayman és mtsai. (2016) összefoglalták a hat kontinensről származó mézekben mért több kémiai elem mérési eredményeit. Az alumínium felső határa az Indiából és Törökországból származó mézekben nagyon magas volt (16,12 mg kg⁻¹, illetve 13,68 mg kg⁻¹), míg néhány európai országban (Franciaország 9,72 mg kg⁻¹ és Spanyolország 8,31 mg kg⁻¹) alacsonyabb volt, és a mi szelídgesztenye mézünkhöz hasonló értéket mértek Bulgáriában (1,58 mg kg⁻¹). Horvátországban és Romániában néhány méz kadmium tartalma elérte a 4000 µg kg⁻¹ és az 1600 µg kg⁻¹ mennyiséget, míg a lengyel mézeknél nem volt detektálható.

Pisani és mtsai. (2008), továbbá Islam és mtsai. (2014) szerint a klimatikus, a földrajzi és a környezeti jellemzők hatással lehetnek a makro-, mikro- és nyomelemek mennyiségére; azonban a méz kisebb alkotóelemei nem tekinthetők a környezetszennyezés megbízható biológiai indikátorának (Conti és mtsai., 2018). Mohammed és mtsai. (2017) bizonyítékot szolgáltatott arra, hogy a mézekben található ásványi anyagok nem álltak szoros összefüggésben a talaj ásványi anyag tartalmával. Bogdanov és mtsai. (2007), Nayik és mtsai. (2018), Mohammed és mtsai. (2017) arra a következtetésre jutottak, hogy a méz ásványi összetétele elsődlegesen a botanikai eredetének tulajdonítható, inkább, mint a nektárforrások földrajzi és környezeti körülményeinek.

5.2.3.3. *Selyemfű, aranyvessző és két vegyes virágméz makro- és mikroelem tartalma*

A selyemfű, aranyvessző, és a két vizsgált vegyes virágméz makro- és mikroelem tartalmát a 6. és 7. táblázatban és a 14. ábrán foglaltuk össze. A főként Magyarország déli részéről (Dél-Dunántúl) származó mézmintáink részletes ásványi paramétereit elsősorban az ország keleti részéről (Nagy-Alföld) származó minták ásványi anyag tartalmával hasonlítottuk össze (Amtmann, 2009; Czipa és mtsai., 2015; Sajtos és mtsai., 2019). Ahogy az előző vizsgálataink alapján is vártuk, a leggyakrabban előforduló makrotápanyag ezekben a mézmintákban is a kálium volt, de a többi makroelem különböző csökkenő mennyiségi sorrendben követték egymást a különböző mézek esetében. A kalcium volt a második leggyakrabban előforduló elem, kivéve a selyemfű mézben (16. táblázat). A selyemkóró mézben és az MF-Lamiaceae mintában a kén tartalom magasabb volt, mint a magnézium, az MF-*Tilia* hasonló mennyiségben tartalmazta a kén és magnéziumot, az aranyvessző mézben viszont magasabb volt a magnézium tartalom, mint a kén. Az összes makroelem-tartalom alapján szignifikánsan elválaszthatók voltak az uniflorális mézek a multiflorális mézektől, illetve a két vegyes virágméz egymástól (14.a ábra).



14. ábra: Selyemfű, aranyvessző és a két vizsgált vegyes virágméz teljes (a) makro- (K, Ca, P, S, Mg, Na) és (b) mikroelem (B, Cu, Fe, Mn, Zn) tartalma (Forrás: Kocsis és mtsai. 2022)

Az uni- és multiflorális mézek kálium tartalma között szintén szignifikáns különbséget mutattunk ki, és még a két vegyes virágméz között is. Az MF-*Tilia* és MF-*Lamiaceae* mézminták kálium tartalma hasonló volt, mint a napraforgó- és a hársmézeké Sajtos és mtsai. (2019) korábbi kutatásában. Szignifikánsan alacsonyabb káliumszint jellemezte a selyemkóró és aranyvessző mézeket, hasonlóan az ország keleti feléről származó akác-, facélia- és repcemézekhez. A kalcium tartalom az aranyvessző- és az MF-*Lamiaceae* mézek esetében, míg a foszfor, kén és magnézium tartalom az MF-*Lamiaceae* esetében volt szignifikánsan magasabb, mint a Czipa és mtsai. (2015) és Sajtos és mtsai. (2019) által vizsgált méztípusoknál, kivéve a napraforgó mézet.

16. táblázat: Selyemfű, aranyvessző és két vegyes virágméz makroelem tartalma

Sor-szám	Méz fajtája	K (mg kg ⁻¹)	Ca (mg kg ⁻¹)	P (mg kg ⁻¹)	S (mg kg ⁻¹)	Mg (mg kg ⁻¹)	Na (mg kg ⁻¹)
1.	Selyemfű	340,28 ± 11,12 ^a	19,06 ± 2,67 ^a	39,19 ± 3,56 ^{ab}	15,98 ± 1,88 ^{ab}	11,78 ± 0,10 ^a	6,38 ± 1,38 ^a
2.	MF- <i>Tilia</i>	845,88 ± 35,67 ^b	53,71 ± 11,05 ^b	37,73 ± 2,69 ^a	14,22 ± 0,94 ^a	15,74 ± 1,30 ^b	37,02 ± 8,49 ^b
3.	Aranyvessző	342,73 ± 12,29 ^a	75,79 ± 10,44 ^c	40,74 ± 3,85 ^b	16,67 ± 1,15 ^b	24,30 ± 0,11 ^c	8,69 ± 0,36 ^c
4.	MF- <i>Lamiaceae</i>	1264,73 ± 70,79 ^c	73,78 ± 12,22 ^c	127,04 ± 4,20 ^c	52,31 ± 0,67 ^c	34,54 ± 2,07 ^d	8,80 ± 1,43 ^{ac}

Az adatok az $n=3$ mintaszám átlag±szórásban kifejezett értékei. Az egy oszlopban lévő, különböző betűkkel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek egymástól a Student's t-test ($p < 0,05$) szerint.

Az MF-*Tilia* nátrium tartalma meglepően magas volt összehasonlítva a többi, jelen és korábbi kutatásunkban vizsgált mézzel (Bodó és mtsai., 2021). A külföldi mézek tekintetében,

ezen nátriumtartalmának tartománya szignifikánsan különbözött az egyes kontinensek között, például az európai (Bulgária, Olaszország, Lengyelország, Spanyolország) mézek viszonylag kis mennyiségben tartalmaztak nátriumot ($7,2-152 \text{ mg kg}^{-1}$), összevetve az indiai vagy malajziai mézekben kimutatott nátrium szinttel ($83-732 \text{ mg kg}^{-1}$) (Solayman és mtsai., 2016). A nátrium szint függ a méz típusától, például kivételesen magas nátriumtartalom (279 mg kg^{-1}) jellemezte az avokádó mézet Spanyolországban (Terrab és mtsai., 2004).

Az összes mézminta tartalmazott bórt, míg a vas, mangán és cink kimutatási határ alatt voltak néhány világos színű méznél (17. táblázat). A sötét színű mézek összes mikroelem tartalma szignifikánsan magasabb volt, mint a világos színű mézeké (14.b ábra), de az egyes elemek sorrendjében voltak különbségek. Az MF-Lamiaceae esetében a leggyakrabban előforduló mikrotápanyagok a bór, a réz, a mangán és a cink volt, míg magas vas tartalom jellemezte az aranyvessző és az MF-Lamiaceae mézeket. A vegyes virágmézek elválaszthatók voltak a fajtamézeketől szignifikánsan magasabb mangán tartalmuknak köszönhetően, míg a vas és cink tartalom szignifikánsan szétválasztotta a világos és sötét színű mézeket egymástól.

17. táblázat: *Selyemfű, aranyvessző és két vegyes virágméz mikroelem tartalma*

Sor-szám	Méz fajtája	B (mg kg^{-1})	Cu (mg kg^{-1})	Fe (mg kg^{-1})	Mn (mg kg^{-1})	Zn (mg kg^{-1})
1.	Selyemfű	$3,79 \pm 0,63^a$	$0,13 \pm 0,01^a$	$0,73 \pm 0,00^a$	$0,12 \pm 0,03^a$	$0,44 \pm 0,00^a$
2.	MF- <i>Tilia</i>	$2,41 \pm 0,52^b$	$0,13 \pm 0,01^a$	$0,62 \pm 0,08^a$	$0,62 \pm 0,05^b$	$0,63 \pm 0,00^a$
3.	Aranyvessző	$4,90 \pm 1,02^{ac}$	$0,13 \pm 0,01^a$	$1,80 \pm 0,60^b$	$0,16 \pm 0,01^a$	$2,15 \pm 0,20^b$
4.	MF-Lamiaceae	$6,49 \pm 0,43^c$	$0,77 \pm 0,03^b$	$1,53 \pm 0,29^b$	$0,77 \pm 0,01^c$	$3,32 \pm 0,04^c$

Az adatok az $n=3$ mintaszám átlag \pm szórásban kifejezett értékei. Az egy oszlopban lévő, különböző betűkkel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek egymástól a Student's t-test ($p < 0,05$) szerint.

Az aranyvessző és MF-Lamiaceae bórtartalma hasonló volt a korábbi kutatásunkban vizsgált napraforgó és édeskömény mézekhez (Bodó és mtsai., 2021). Mézeink egyéb nyomelem tartalmának összehasonlítása a magyar kutatók által vizsgált mézekkel a következő megfigyeléseket adta (Czipa és mtsai., 2015; Sajtos és mtsai., 2019; Bodó és mtsai., 2021): alacsony réztartalom volt mérhető a selyemfű, az MF-*Tilia* és az aranyvessző mézekben, hasonlóan a világos színű akác-, ámorakác- és facéliamézekhez, míg az MF-Lamiaceae hozzávetőlegesen hatszor magasabb réztartalmat mutatott. A selyemkóró vastartalma hasonló volt a multiflorális mézekéhez, míg az MF-*Tilia*-é a napraforgómézéhez. Magasabb vastartalom volt kimutatható az MF-Lamiaceae mézmintákban, és hasonló mennyiséget mértünk a repcemézek esetében is. Az uniflorális mézeink alacsony mangánszintet mutattak, hasonlóan a világos színű, uniflorális akác-, ámorakác- és facéliamézhez, míg a mi vegyes virágmézeink szignifikánsan magasabbat, közel ahhoz az értékhez, amit a repce- és napraforgómézek adtak. A cinktartalom hasonló tendenciát mutatott, mint amit az ország dunántúli régiójából származó

világos és sötét színű fajtamézek esetében megfigyeltünk, míg a keleti országrészből származó világos színű akác- és repcemézek szignifikánsan magasabb cinktartalmat mutattak, hasonlóan a mi sötét aranyvessző- és MF-Lamiaceae-mézeinkhez. A mikro- és makrotápanyagok elemzésének eredménye egyiptomi és olasz mézek esetében bebizonyította, hogy az ásványi anyag tartalom a földrajzi eredet markereként is szolgálhat (Rashed & Soltan, 2004, Pisani és mtsai., 2008; Conti és mtsai., 2018).

5.2.4. Többváltozós analízis

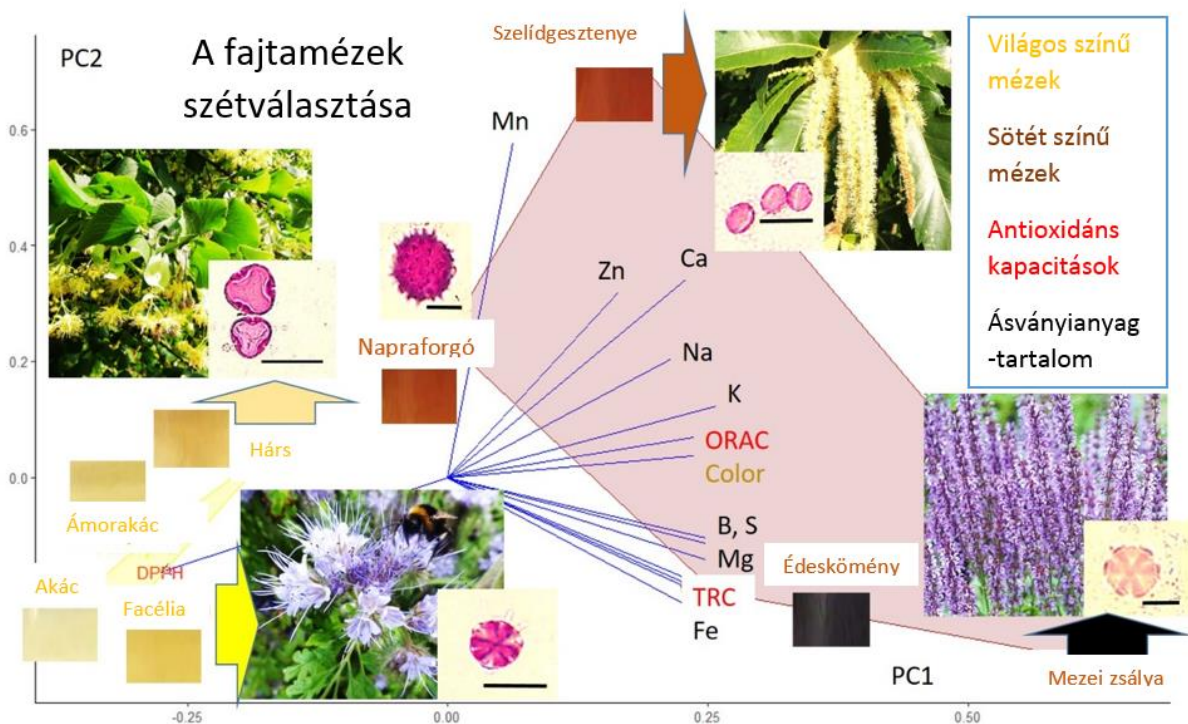
5.2.4.1. Magyarországi fajtamézek többváltozós analízise

A szín, antioxidáns aktivitás értékek és a makro- és mikroelem mennyiségek adatmátrixát Pearson-féle korreláció és főkomponens analízis (PCA) segítségével elemeztük, hogy további információt nyerjünk komplex analízisükhöz (18. táblázat, 15. ábra). A korrelációs mátrix szignifikáns kapcsolatot mutatott az összes változó között, kivéve a mangán és cink esetében. Azonban a korrelációs koefficiensek közötti különbségek hasznos információt nyújtanak a mézek mért paramétereiről.

18. táblázat: Magyarországi fajtamézek szín, antioxidáns és makro-, mikroelem paramétereinek korreláció mátrixa (Pearson-féle korreláció koefficiensek)

Változó	Szín	TRC	DPPH	ORAC
TRC	0.886**			
DPPH	0.947**	0.763**		
ORAC	0.825**	0.817**	0.865**	
K	0.879**	0.816**	0.908**	0.983**
Ca	0.845**	0.607**	0.914**	0.754**
P	0.860**	0.968**	0.731**	0.783**
S	0.920**	0.966**	0.817**	0.844**
Mg	0.929**	0.980**	0.825**	0.843**
Na	0.713**	0.679**	0.682**	0.716**
B	0.908**	0.836**	0.801**	0.652**
Cu	0.900**	0.979**	0.789**	0.824**
Fe	0.841**	0.715**	0.765**	0.576*

Szignifikáns: *p<0,01, **p<0,001.



15. ábra: A PCA korrelációs mátrixból generált szórásdiagram, amely jelzi az egyes változók irányát és az egyes mézminták helyzetét a PC1-PC2 független koordinátákon (Forrás: Bodó és mtsai. 2021, graphical abstract)

Erős lineáris korrelációt kaptunk a szín és teljes antioxidáns kapacitás (TAC) értékek között, és az egyes TAC módszerek között. Az eredményeinkhez hasonlóan több tanulmányban is megfigyelték, hogy a sötétebb mézeknek magasabb az antioxidáns aktivitása, míg a világosabb mézek viszonylag alacsony értékekkel jellemezhetők (Beretta és mtsai., 2005; Sowa és mtsai., 2014). A DPPH módszer volt a legerősebb prediktív faktor a mézminták abszorbanciája (színe) tekintetében, amit Džugan és mtsai. (2018), Flanjak és mtsai. (2016) és Gorjanović és mtsai. (2013) is alátámasztottak. Habár a különböző TAC mérő módszerek különböző antioxidáns csoportokat vizsgálhatnak, a kutatásunk során használt módszerek pozitív lineáris korrelációt mutattak, más szerzők eredményeivel összhangban (Kuš és mtsai., 2014; Combarros-Fuertes és mtsai., 2018; Nayik és mtsai., 2018; Srećković és mtsai., 2019). Esetünkben a legerősebb korreláció a DPPH és ORAC paraméterek között volt megfigyelhető, míg a leggyengébb korreláció a DPPH és TRC között, és ez utóbbit Stagos és mtsai. (2018) és Perna és mtsai. (2012) is bizonyították.

Az összes vizsgált mikro és makroelem jól korrelált a színnel, kivéve a mangánt ($r=0,257$; $p>0,05$). Az ásványi anyagok szerepét a méz színének meghatározásában már előzőleg is megfigyelték (Khalil és mtsai., 2010). Perna és mtsai. (2012) bizonyították, hogy a színintenzitás pozitív korrelációt mutat a méz fémtartalmával; továbbá a fémtartalom

növekedésével emelkedik a mézek antioxidáns kapacitása is. Vizsgálatainkban megerősítettük az alábbi antioxidáns vizsgálatok és a makroelemek közötti kapcsolat létezését: a TRC és a magnézium, foszfor, kén között, a DPPH és a kalcium között, valamint az ORAC és a mézek káliumtartalma között. A mikroelemek, úgy, mint a bór, a réz és a vas szignifikánsan korreláltak az antioxidáns kapacitásokkal. A bór mutatta a legerősebb korrelációt a DPPH-val, míg a réz a TRC és ORAC módszerekkel. A cink csupán a DPPH-val mutatott korrelációt ($r = 0,717$; $p < 0,001$), míg a mangán nem mutatott korrelációt egyik TAC módszerrel sem (TRC: $r = 0,036$, DPPH: $r = 0,345$, ORAC: $r = 0,313$; $p > 0,05$).

A fent leírt korrelációk egyértelműen értelmezhetők PCA segítségével, amely alapján az első két főkomponens a teljes variancia 98%-át teszi ki. Az első főkomponens, a PC1 tartalmazza az információ nagy részét (a teljes variancia 92%-át), míg a második főkomponens, a PC2, a teljes variancia 5%-át magyarázza. Az eredeti adatkészletet egy autoscaling transzformációval újrnormáltuk, mivel a különböző paraméterek különböző nagyságrendűek számértékileg. A negatív PC1-en a világos színű, alacsonyabb antioxidáns aktivitású és ásványianyag-tartalmú mézek helyezkedtek el. Következésképpen a parcella pozitív PC1 értékein a magas paraméterekkel rendelkező sötét mézek találhatóak. Hasonló elrendeződés volt megfigyelhető a PC2 koordinátán, kivéve a pozitív PC2 értékű hársmez esetében. A világos színű akác és az ámorakác egymáshoz közel helyezkedtek el. E két méz paraméterei nagy hasonlóságot mutattak, ami növényi eredetük (Fabaceae) szoros összefüggésére utal. A K-tartalom és az ORAC-aktivitás hasznos volt a hársmez azonosításánál. A sötét színűek csoportjába kiválasztott minták szignifikánsan különböztek egymástól; ezért az antioxidáns és a makro- és mikroelem értékek alapján könnyű volt megkülönböztetni őket. A napraforgóméz és a gesztenyeméz csoportosításánál kulcsszerepet játszottak a cink és a mangán értékek. Pauliuc és mtsai. (2020) részben sikeresen alkalmazták a fizikai-kémiai paraméterek PCA-ját a hasonló tulajdonságokkal rendelkező méztípusok elemzésére és azonosítására Románia különböző régióiból. Džugan és mtsai. (2018) azt találták, hogy különféle antioxidáns aktivitás értékek utalhatnak a mézek botanikai eredetére. Nayik és mtsai. (2018) arra a következtetésre jutottak, hogy a makroelemek és az antioxidáns tulajdonságok nagyobb megkülönböztető erővel bírtak három indiai méztípus esetében, mint a cukorparaméterek. A B₂-vitamin értéke, az antioxidáns aktivitás és az ásványianyag-tartalom sikeresen csoportosított 20 törökországi monoflorális és mézharmatmézet (Kaygusuz és mtsai., 2016).

Ebben a vizsgálatban azonban a PCA-t nemcsak a mézfajták azonosítására alkalmaztuk, hanem a vizsgált paraméterek összefüggéseinek értelmezésére is, nevezetesen a mézek antioxidáns aktivitás, makroelem-tartalom és botanikai eredet összefüggésére.

5.2.4.2. Selyemfű, aranyvessző és a két vizsgált vegyes virágméz többváltozós analízise

A szín, az antioxidáns értékek és a makro-, mikroelem tartalom összefüggését Pearson-féle korrelációval elemeztük. A PCA feltárta a paramétercsoportok összetett indikátor szerepét a méztípusok azonosításában és megkülönböztetésében (19. táblázat, 16. ábra).

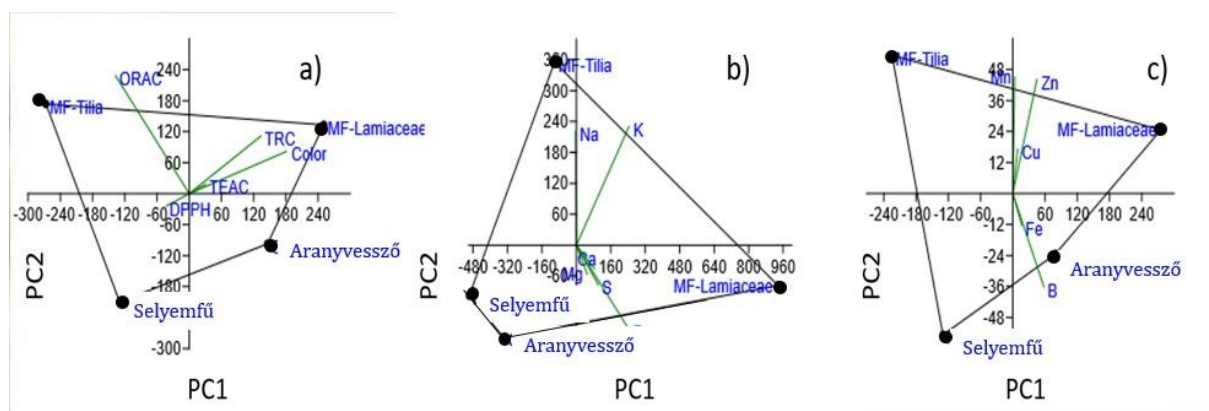
A SET antioxidáns aktivitást mérő módszerek erősen korreláltak egymással és a méz színével, összhangban más tanulmányok eredményeivel (Kuś és mtsai., 2014; Combarros-Fuertes és mtsai., 2018; Jasicka-Misiak és mtsai., 2018; Srećković és mtsai., 2019). A TEAC teszt volt a legerősebb prediktív tényező a mézminták színét illetően, amelyet Flanjak és mtsai. (2016) és Džugan és mtsai. (2018) is alátámasztanak. Sok tanulmány szerint a sötétebb mézek magasabb antioxidáns értékűek, míg a világosabbak viszonylag alacsonyak (Beretta és mtsai., 2005). Azonban az ORAC kivétel, mivel csak a DPPH-val mutatott pozitív korrelációt, ellentétben Beretta és mtsai. (2005), Gorjanović és mtsai., (2013), Bodó és mtsai. (2021) megfigyeléseivel. Halagarda és mtsai. (2020) is pozitív kapcsolatot közöltek az ORAC és a TRC között (teljes polifenoltartalomként (TPC) jelölve). Küçük és mtsai. (2007) azonban a polifenoltartalom és az antioxidáns aktivitás közötti következetlenséget tártak fel. Úgy tűnik, mintaválasztásunk rávilágított a HAT módszerek fontos szerepére a SET vizsgálatok mellett.

A makro- és mikroelem-tartalmat tekintve a szín erős pozitív korrelációt adott számos ásványi anyag mennyiségével, ami tovább erősítette a méz színének meghatározásához való hozzájárulásukat (Khalil és mtsai., 2010). A TRC szoros korrelációt mutatott ($r > 0,9$) a foszfor, kén, magnézium és réz értékekkel, ami szintén bizonyítja lehetséges kapcsolatukat (Bodó et al. 2021). A magnézium, bór és cink erősen korrelált a SET antioxidáns módszerekkel, a vas a színnel és a TEAC teszttel. Az ORAC korrelációt mutatott a kálium, nátrium és mangán értékekkel.

19. táblázat: Selyemfű, aranyvessző és a két vizsgált vegyes virágméz szín, antioxidáns és makro-mikroelem tartalom paramétereinek korreláció mátrixa (Pearson-féle korrelációs koefficiensek)

Változó	Szín	TRC	TEAC	DPPH	ORAC
TRC	0,865*				
TEAC	0,979***	0,912**			
DPPH	0,894***	0,946***	0,948***		
ORAC	-0,322***	-0,087***	-0,237***	0,226	
K	0,477*	0,774***	0,574***	0,628***	0,475***
Ca	0,842***	0,620***	0,778***	0,589**	0,001***
P	0,716***	0,948***	0,786***	0,882*	-0,078***
S	0,722***	0,943***	0,788***	0,880	-0,109***
Mg	0,961***	0,939***	0,967***	0,920***	-0,204***
Na	-0,362***	-2,275***	-0,329***	-0,417***	0,916***
B	0,794***	0,824***	0,815***	0,853***	-0,557***
Cu	0,674***	0,934***	0,755***	0,857***	0,011***
Fe	0,823***	0,652***	0,807***	0,708***	-0,418***
Mn	0,411***	0,689***	0,506***	0,523***	0,625***
Zn	0,964***	0,921***	0,973***	0,946***	-0,347***

A PCA-hoz három paramétercsoportot – szín és antioxidáns értékek, makroelemek, mikroelemek csoportja – választottunk ki, hogy meghatározzuk, mennyire alkalmasak az egyes méztípusok azonosítására. Az eredményeket a 16. ábra biplotjai mutatják be.



16. ábra: A selyemfű-, aranyvessző- és vegyes virágméz mintákból elemzett (a) antioxidáns- és színparamétereiből, (b) makroelemekből és (c) mikroelemekből álló adatsor főkomponens-analízise (PCA) (Forrás: Kocsis és mtsai. 2022)

Az első főkomponens, a PC1 tartalmazta a legtöbb információt, amiből az antioxidáns eredmények a teljes variancia 93,75%-át, a makroelemek 99,25%-át és a mikroelemek 92,52%-át teszik ki, míg a második főkomponens, a PC2 5,69%-ot, 0,48%-ot illetve 4,34%-ot magyarázott. A magasabb – elektronátmeneten alapuló – aktivitású, sötét színű mézek a pozitív PC1-en helyezkedtek el, míg a világos színű, alacsonyabb paraméterű mézek a diagram negatív PC1 értékeivel jellemezhetők. A multiflorális mézek PC2 értéke pozitív, míg az uniflorális mézek negatív PC2 koordinátán voltak. Ebben a paramétercsoportban az ORAC aktivitás

hasznos volt az uni- és multiflorális mézek külön-külön történő csoportosításában. A makroelemek esetében az MF-Lamiaceae pozitív PC1 értéket, az MF-*Tilia* pozitív PC2 értéket képviselt. A nátrium és kálium kulcsszerepet játszott az MF-*Tilia*, a foszfor és kén az MF-Lamiaceae elkülönítésében. A harmadik csoport, a mikroelemek egyértelműen elkülönítették a mézfajtákat. A világos és sötét színű mézeket bór- és vastartalom, míg az uni- és multiflorális mézeket réz-, mangán- és cinktartalom alapján különböztették meg.

Számos kísérlet történt a méztípusok azonosítására és egymástól való megkülönböztetésére PCA segítségével. Nayik és mtsai. (2018) antioxidáns tulajdonságokat és ásványi anyagokat figyelembevevő PCA segítségével három indiai mézfajtát sikeresen csoportosított, míg cukortartalmuk nem szolgáltatott annyi információt. Kaygusuz és mtsai. (2016) az antioxidáns hatások és ásványi anyagok mellett, B2-vitamin tartalom segítségével a különböző botanikai eredetű, Törökországból származó mézeket osztályozták. Scripcă és mtsai. (2021) kemometrikus módszerekkel is hangsúlyozták a nyolc romániai méztípus közötti különbségeket, ásványianyag-tartalom, szín, antibiotikum és növényvédőszer-maradványok alapján. A fizikai-kémiai paraméterek PCA-ja azonban csak részben volt sikeres a hasonló tulajdonságokkal rendelkező méztípusok azonosításában, Románia különböző régióiból (Pauliuc és mtsai., 2020). A lengyelországi világos és sötét színű mézeket kilencváltozós PCA segítségével lehetett megkülönböztetni (barnulási index, színparaméterek és antioxidáns értékek) (Starowicz és mtsai., 2021).

6. ÖSSZEFOGLALÁS

6.1. Medvehagyma nektártermelés vizsgálatának összefoglalása

A legújabb kutatások kimutatták, hogy a növény nektárhozamát és a nektár minőségét befolyásoló különféle ökológiai tényezők közül a talaj tulajdonságai ugyanolyan fontosak lehetnek, mint a mikroklimatikus jellemzők. A mai napig kevés tanulmány vizsgálta a talajjellemzők kapcsolatát a természetes társulásokban növekvő méhporzású növények nektártulajdonságaival. Vizsgálatunk célja volt feltárni, hogy mely talajtulajdonságok voltak a legerősebb hatással a medvehagyma (*Allium ursinum* L.) nektárváltozóira. Két különböző évben tizennégy élőhelyről gyűjtöttük a példányokat, amelyeket eredeti talajukkal együtt ültettünk cserepekbe, és azonos környezeti viszonyok között tartottunk. Megmértük a nektártérfogatokat és a cukorkoncentrációkat, és a talajmintákat tizennégy paraméterre elemeztük. A statisztikai elemzések kimutatták, hogy a nektárt termelő *Allium* virágok számát, valamint az egyes virágok nektármennyiségét és cukortartalmát az évjárat és az élőhely egyaránt befolyásolta. A talaj humusz-, vas- és szulfáttartalma negatív korrelációt mutatott a nektárt termelő virágok számával. Az összes nektártérfogat negatívan korrelált a humusz- és vastartalommal, de pozitívan befolyásolta a talaj magnéziumtartalma. Eredményeink arra utalnak, hogy a mikroklimatikus tényezők hatásán túl bizonyos talajtulajdonságok is jelentős hatással lehetnek a nektár tulajdonságaira.

Tanulmányunk eredményei hasznosak lehetnek a méhészek és a medvehagyma mézet termelők számára. Az *A. ursinum* növénytársulások kiválasztásánál, ahova a méhkaptárokat kívánjuk elhelyezni, a fajhoz kapcsolódó nektártulajdonságok mellett az edafikus és mikroklimatikus jellemzőket is figyelembe kell venni. Eredményeink azt sugallják, hogy az *A. ursinum* virágai akkor képesek maximális nektárhozamot biztosítani, ha az élőhely talajviszonyai optimálisak a nektártermeléshez, ami nem feltétlenül jelenti azt, hogy a körülmények összességében optimálisak a növény számára. Emellett az éves éghajlati különbségek jelentős hatással lehetnek a növények nektártermelő képességére. A változó mikroklimatikus viszonyok megváltoztathatják a tápanyag-felhasználást, és ezzel együtt a növények nektártermelő képességét is ugyanazon az élőhelyen. A nagyobb diverzitású medvehagyma-élőhelyek, mint a szurdokerdők, égerligetek és átmeneti gyertyános-tölgyes erdők várhatóan egyenletesebben és fokozatosabban biztosítják a mézelő méhek számára a nektárt, mint a gyertyános-tölgyes erdők és bükkösök monodomináns medvehagyma társulásai.

6.2. Mézek bioaktivitás és ásványianyag-tartalom vizsgálatának összefoglalása

Annak bemutatására, hogy a botanikai eredet, a származási hely és az évszám hogyan befolyásolta a magyarországi kora tavaszi mézek antioxidáns kapacitását és elemtartalmát, 42 különböző helyről és évszámából származó repce- és medvehagyma mézként forgalmazott mézmintát hasonlítottunk össze. A melisszopalinológiai analízis jó eszköznek számít a mézek fajtájának meghatározásában, annak ellenére, hogy megvannak a maga korlátai. Egyes esetekben például a 60-70% közötti repcepollent tartalmazó mézek mégsem sorolhatók a tipikus repcemézek közé, amikor ehhez a pollenszázalékhoz olyan érzékszervi és kémiai tulajdonságok társultak, amelyek jelentősen eltértek a valódi repcemézekétől. Úgy tűnik, hogy a vizsgált régióban egy tipikus repceméznek 80% feletti repcepollent kell tartalmaznia. A többi mért paraméter kétféle magyar méz fizikai-kémiai és bioaktív tulajdonságairól bővítette az ismereteket. A méz antioxidáns hatását leginkább a botanikai eredete befolyásolta. A teljes antioxidáns kapacitást mérő módszerek paraméterei között szoros összefüggést találtunk, amelyek egyértelműen jelzik a vizsgált mézek bioaktivitását és ezáltal minőségét. A multiflorális eredet és a sötétebb szín magasabb antioxidáns tulajdonságokat feltételez. Az egyes mézfajtákon belül a földrajzi eredet és a termelés ideje nem befolyásolta az antioxidáns értékeket. A mézek ásványianyag-tartalma a földrajzi eredet jelzője lehet, a toxikus elemek hiánya pedig a magas minőséget és biztonságosságot igazolhatja.

A világostól a majdnem fekete színig terjedő fajtaméz mintákon végzett vizsgálatunk igazolta és alátámasztotta a mézek botanikai eredete, antioxidáns tulajdonsága és ásványianyag-tartalma közötti összetett összefüggést. A világos hársméz, amelynek aktivitása hasonló volt, mint a sötét színű szelídgesztenyemézé, kivételt jelentett azon általános megfigyelés alól, hogy a sötét mézek jobb paraméterekkel rendelkeznek, mint a világos mézek. Ebben a vizsgálatban először jellemeztük a fekete színű édeskömény- és mezei zsályaméz antioxidáns tulajdonságait és ásványianyag-tartalmát. A kapott eredmények azt mutatták, hogy az ásványi anyagok nagy megkülönböztető képességgel rendelkeznek a mézek jellemzésére, és egyértelmű bizonyítékok támasztják alá a biológiai aktivitásban betöltött szerepüket. Jelen kutatás szoros összefüggést mutatott ki az ORAC antioxidáns módszer és a legfontosabb makroelem, a kálium között. Ez az ásványi anyag volt a legváltozatosabb a botanikai eredet tekintve, bizonyítva hasznos megkülönböztető/azonosító tulajdonságait. A korrelációs mátrix és a többváltozós elemzés alkalmazása további lehetséges összefüggésekre utalt az antioxidáns és ásványianyag-paraméterek között, és hasznos eszköz lehet a különböző mézfajták jellemzése során. Megállapíthatjuk, hogy a feltárt markerek lehetőséget adtak arra, hogy egy adott mézhez olyan

jellegzetes karakterisztikát rendeljünk, amely utal annak botanikai eredetére, minőségére és azonosságára.

A kiválasztott méztípusokat a vizsgált paraméterek alapján sikeresen megkülönböztettük. A korrelációs mátrix az abszorbancia, az antioxidáns értékek, a makro- és mikroásványi tartalom közötti összefüggéseket értelmezte, míg a PCA segítségével három karaktercsoport megkülönböztető erejét illusztráltuk. A méztípusokat különböző PCA parcellákon helyeztük el az antioxidáns eredmények alapján, kiegészítve a szín- és mikroelem-tartalommal. Egyértelmű bizonyíték van a hidrogénátmeneten alapuló módszer fontosságára – az elektronátmeneten alapuló vizsgálatok mellett – a méztípus egyedi tulajdonságainak feltárásában. Az ásványianyag-tartalom is hasznos információt adott a vizsgált mézekről, de ez nem csak a botanikai, hanem a földrajzi eredettől is függhet. A szín, mint a méz könnyen kimutatható és fontos tulajdonsága, utalhat bioaktivitására és ásványianyag-tartalmára is, de részletes elemzésük az adott méztípus sajátosságait adja meg. A multiflorális mézeknél a melisszopalinológiai vizsgálat elkerülhetetlen, míg az uniflorális mézek általában jól azonosíthatók fizikai-kémiai jellemzők alapján. Bár a fajtamézek nagyobb piaci értéket képviselnek, mint a vegyes virágmézek, ez utóbbiakban nagy potenciál rejlik, multiflorális botanikai eredetük miatt, amely egyedi minőségi tulajdonságokat eredményezhet. Megállapíthatjuk, hogy a feltárt tulajdonságok hasznos azonosítási eszközt nyújtanak az adott mézfajtához, tükrözve annak virágeredetét és minőségét.

7. SUMMARY

7.1. Summary of nectar parameters of wild garlic

Recent studies revealed that from various ecological factors influencing nectar yield and quality of a plant, soil properties can be as important as microclimatic features. To date, few studies have investigated the relationship of soil characters to nectar traits of bee pollinated plants growing in natural associations. Our study intended to reveal which soil properties had the most powerful impact on nectar variables of wild garlic (*Allium ursinum* L.). Specimens were collected from fourteen habitats in two different years, and were potted in their original soil under the same climatic conditions. Nectar volumes and sugar concentrations were measured and soil samples were analysed for fourteen parameters. Statistical analyses revealed that the number of nectar producing *Allium* flowers, as well as the nectar volume and sugar content of nectar in individual flowers were influenced by both year and habitat. The humus, iron and sulphate content of soil showed negative correlation with the number of flowers producing nectar; total nectar volumes were negatively correlated with humus and iron content, but positively affected by magnesium content of the soil. Our results suggest that in addition to the effect of microclimatic factors, certain soil properties can have significant impact on nectar traits.

The findings of our study can be useful for beekeepers and producers of ramson honey. Besides species related nectar traits, edaphic and microclimatic characters should be taken into consideration when selecting plant associations with *A. ursinum* where beehives should be placed. Our results suggest that the flowers of *A. ursinum* can provide maximal nectar yields when the soil conditions of the habitat are optimal for nectar production, which does not necessarily mean that conditions are optimal for the plant on the whole. In addition, the yearly climatic differences may have a substantial impact on the nectar producing capacity of plants. Changing microclimatic conditions can alter utilization of nutrients and in turn the nectar producing capacity of plants even in the same habitat. Wild garlic habitats with greater diversity, such as ravine forests, alder gallery forests and transitory oak-hornbeam forests, can be expected to provide nectar for honeybees more evenly and steadily compared to monodominant wild garlic associations in oak-hornbeam and beech forests.

7.2. Summary of bioactivity and multielements analysis of honeys

In order to reveal how botanical origin, place of origin and year of harvest influence antioxidant capacities and element content of early spring honeys from Hungary, we compared 42 honey samples marketed as rape and ramson honeys from different places and years. Melissopalynological analysis proved to be a powerful tool in validation of honeys, even though it has its own limitations. In some cases, honeys with as high as 60-70% rape pollen could not be classified as typical rape honey, when this pollen percentage was accompanied with sensory traits and chemical properties that were markedly different from those of true rape honeys. It seems that in the region of our study a typical rape honey should contain above 80% rape pollen. The other measured parameters extended our knowledge about the physicochemical and bioactive properties of two types of Hungarian honeys. The botanical origin of honey had the greatest influence on its antioxidant activity. Strict correlation was found among the TAC parameters, which clearly indicate the bioactivity and therefore the quality of the honeys studied. Multifloral origin and darker color assumed higher antioxidant properties. Within each honey type, geographical origin and time of harvest did not affect antioxidant values. The mineral content of honeys could be an indicator of their geographical origin, and the lack of toxic elements may confirm their high quality and safety. We are planning to continue our work with other kinds of uni- and multifloral honeys, in order to get a comprehensive insight in the quality parameters of Hungarian honeys.

Our study on honey samples ranging from pale to black color verified and supported the complex relationship between the botanical origin, antioxidant property and mineral content of honeys. The light-colored linden honey, whose activity was comparable to the dark-colored chestnut honey, was an exception to the general observation that dark honeys presented better parameters as compared to light honeys. The antioxidant properties and mineral content of the black-colored fennel and meadow sage honeys were characterized for the first time in this study. The obtained results showed that minerals had high discriminating power to characterize honeys, and there was clear evidence for their role in the bioactive function. The present study indicated a strict correlation between the ORAC antioxidant assay and the most important macroelement, potassium. This mineral was the most variable in regard to botanical origin, proving its useful discrimination/identification properties. The correlation matrix and application of multivariate analysis suggested further possible relationships between the antioxidant and mineral parameters and put them forward as a useful tool to characterize different types of honey. We can conclude that the revealed markers gave the possibility to

assign a characteristic fingerprint to a given honey, which refers to its botanical origin, quality and identity.

The honey types selected for this study were successfully distinguished based on the studied parameters. The correlation matrix interpreted the relationships between absorbance, antioxidant values, macro- and micromineral content, while PCA was used to illustrate the discriminating power of three groups of characters. The honey types were placed on different PC plots by antioxidant results completed with the color and microelement content. There is clear evidence for the importance of the HAT based method besides the SET assays to reveal unique features of the honey type. The mineral content gave also useful information on the honeys studied, however, it may depend not only on the botanical, but also on the geographical origin. Color as an easily detectable and important feature of honey, can refer to its bioactivity and mineral content as well, but their detailed analysis provides special characters of the given honey type. In case of multifloral honeys the melissopalynological analysis is inevitable, while unifloral honeys can be usually well identified by physicochemical characters. Although unifloral honeys represent a bigger value on the market than multifloral ones, there is a great potential in the latter, due to their multivariate botanical origin, which may give rise to unique quality properties. We can conclude that the revealed character sets provide useful identification tool to the given honey type, reflecting its floral origin and quality. Furthermore, there are possible relations among the studied parameters suggested by this multi-level study.

8. IRODALOMJEGYZÉK

ADGABA, N.; AL-GHAMDI, A.; TADESSE, Y.; GETACHEW, A.; AWAD, A.M.; ANSARI, M.J.; OWAYSS, A.A.; MOHAMMED, S.E.A.; ALQARNI, A.S. Nectar secretion dynamics and honey production potentials of some honey plants in Saudi Arabia. *Saudi J. Biol. Sci.* **2017**, *24*, 180-191.

AFRIN, S.; FORBES-HERNANDEZ, T.Y.; GASPARRINI, M.; BOMPADRE, S.; QUILES, J.L.; SANNA, G.; SPANO, N.; GIAMPIERI, F.; BATTINO, M. Strawberry-tree honey induces growth inhibition of human colon cancer cells and increases ROS generation: A comparison with Manuka honey. *Int. J. Mol.* **2017**, *18*, 613.

AFROZ, R.; TANVIR, E.M.; ZHENG, W.; LITTLE, P.J. Molecular pharmacology of honey. *Clin. Exp. Pharm.* **2016**, *6*, 1–13.

ALJADI, A.M.; KAMARUDDIN, M.Y. Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys. *Food Chemistry* **2004**, *85*, 513-518.

ALMEIDA-SILVA, M.; CANHA, N.; GALINHA, C.; DUNG, H.M.; FREITAS, M.C.; SITOÉ, T. Trace elements in wild and orchard honeys. *Appl Radiat Isot.* **2011**, *69*, 1592-1595.

AL-MAMARY, M.; AL-MEERI, A.; AL-HABORI, M. Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutrition Research* **2002**, *22*, 1041-1047.

ALVAREZ-SUAREZ, J.M.; GONZÁLEZ-PANAMÁS, A. M.; SANTOS-BUELGA, C.; BATTINO, M. J. Antioxidant characterization of native monofloral Cuban honeys. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2010a**, *58*, 9817-9824.

ALVAREZ-SUAREZ, J.M., TULIPANI, S., DÍAZ, D., ESTEVEZ, Y., ROMANDINI, S., GIAMPIERI, F., DAMIANI, E., ASTOLFI, P., BOMPADRE, S., & BATTINO, M. Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. *Food and Chemical Toxicology* **2010b**, *48*, 2490-2499.

ALVAREZ-SUAREZ, J.M.; TULIPANI, S.; ROMANDINI, S.; BERTOLI, E.; BATTINO, M. Contribution of honey in nutrition and human health: A review. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism* **2010c**, *3*, 15-23.

ALVAREZ-SUAREZ, J.M., TULIPANI, S., ROMANDINI, S., VIDAL, A., BATTINO, M. Methodological aspects about determination of phenolic compounds and *in vitro* evaluation of antioxidant capacity in the honey: A review. *Current Analytical Chemistry*, **2009**, *5*, 293-302.

AMTMANN, M. *Különleges fajtamézek botanikai eredetének és illó komponenseinek összefüggése*. Ph.D. értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, Magyarország, **2009**.

ANTOŃ, S.; KOMOŃ-JANCZARA, E.; DENISOW, B. Floral nectary, nectar production dynamics and chemical composition in five nocturnal *Oenothera* species (Onagraceae) in relation to floral visitors. *Planta* **2017**, *246*, 1051-1067.

APAK, R.; GÜÇLÜ, K.; DEMIRATA, B.; OZYÜREK, M.; CELIK, S.E.; BEKTAŞOĞLU, K.; BERKER, I.; OZYURT, D. Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules* **2007**, *12*, 1496-547.

ATTANZIO, A.; TESORIERE, L.; ALLEGRA, M.; LIVREA, M.A. Monofloral honeys by Sicilian black honeybee (*Apis mellifera ssp. sicula*) have high reducing power and antioxidant capacity. *Heliyon* **2016**, 2, e00193.

ATANASSOVA, J.; YURUKOVA, L.; & LAZAROVA, M. Pollen and inorganic characteristics of Bulgarian unifloral honeys. *Czech Journal of Food Sciences* **2012**, 6, 520–526.

ÁVILA, S.; HORNUNG, P.S.; TEIXEIRA, G.L., MALUNGA, L.N.; APEA-BAH, F.B.; BEUX, M.R.; BETA, T. HOFFMANN RIBANI, R. Bioactive compounds and biological properties of Brazilian stingless bee honey have a strong relationship with the pollen floral origin, *Food Research International*, **2019**, 123, 1-10,

AZEREDO, L.; DA, C.; AZEREDO, M.A.A.; DE SOUZA, S.R.; AND DUTRA, V.M.L. Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. *Food Chemistry* **2003**, 80, 249-254.

BALOGH, E. *Antioxidáns kapacitás meghatározása és ennek kialakításában szerepet játszó vegyületek vizsgálata bogyós gyümölcsök esetében*. Doktori Értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, **2010**.

BALTRUŠAITYTĖ, V.; VENSKUTONIS, P.R.; ČEKŠTERYTĖ, V. Radical scavenging activity of different floral origin honey and beebread phenolic extracts. *Food Chemistry* **2007**, 101, 502–514.

BAREKE, T.; KUMSA, T.; ROBA, K.; ADDI, A. Nectar secretion dynamics and honey production potential of *Croton macrostachyus* L. Euphorbiaceae. *Bee World* **2020**, 97, 123-127.

BARTHA, SZ.; TAUT, I.; GOJI, GY.; VLAD, I.A.; DINULICĂ. Heavy metal content in polyfloral honey and potential health risk. A case study of Copșa Mică, Romania. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **2020**, 17, 1507

BAYRAM, N.E.; CANLI, D.; GERCEK, Y.C.; BAYRAM, S.; ÇELİK, S.; GÜZEL, F.; MORGİL, H.; OZ, G.C. Macronutrient and micronutrient levels and phenolic compound characteristics of monofloral honey samples. *Journal of Food and Nutrition Research* **2020**, 59, 211-322.

BATES, D.; MÄCHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S. Fitting linear mixed-effects models using Lme4. *arXiv* **2014**, arXiv:1406.5823.

BATH, P.K.; SINGH, N. A research note chemical changes in *Helianthus annuus* and *Eucalyptus lanceolatus* honey during storage. *Journal of Food Quality* **2000**, 23, 443-451.

BERETTA, G.; GRANATA, P.; FERRERO, M.; ORIOLI, M.; FACINO, R.M. Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. *Anal. Chim. Acta* **2005**, 553, 185-191.

BERTONCELJ, J.; DOBERŠEK, U.; JAMNIK, M.; GOLOB, T. Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chem.* **2007**, 105, 822-828.

BILANDŽIĆ, N.; GAČIĆ, M.; DJOKIĆ, M.; SEDAK, M.; ŠIPUŠIĆ, D.I.; KONČURAT, A.; GAJGER, I.T. Major and trace elements levels in multifloral and unifloral honeys in Croatia. *J. of Food Compos. and Anal.* **2014**, 33, 132–138.

- BLASA, M., CANDIRACCI, M., ACCORSI, A., PIACENTINI, M.P., ALBERTINI, M.C., & PIATTI, E. Raw Millefiori honey is packed full of antioxidants. *Food Chemistry* **2006**, *97*, 217-222.
- BLAZEWICZ-WOZNAK, M.; MICHOWSKA, A. The growth, flowering and chemical composition of leaves of three ecotypes of *Allium ursinum* L. *Acta Agrobot.* **2011**, *64*, 171-180.
- BODÓ, A.; RADVÁNYI, L.; KŐSZEGI, T.; CSEPREGI, R.; NAGY, D.U.; FARKAS, Á.; KOCSIS, M. Melissopalynology, antioxidant activity and multielement analysis of two types of early spring honeys from Hungary. *Food Bioscience* **2020**, *35*, 100587
- BODÓ, A.; FARKAS, Á.; NAGY, D.U.; RUDOLF, K.; HOFFMANN, R.; KOCSIS, M.; MORSCHHAUSER, T. Soil humus, iron, sulphate and magnesium content affect nectar traits of wild garlic (*Allium ursinum* L.). *Plants* **2021a**, *10*, 597, 12p.
- BODÓ, A.; RADVÁNYI, L.; KŐSZEGI, T.; CSEPREGI, R.; NAGY, D.U.; FARKAS, Á.; KOCSIS, M. Quality evaluation of light- and dark-colored Hungarian honeys, focusing on botanical origin, antioxidant capacity and mineral content. *Molecules* **2021b**, *26*, 2825.
- BOGDANOV, S. Honey as nutrient and functional food. *Proteins* **2012**, *1100*, 1400–2700.
- BOGDANOV, S.; HALDIMANN, M.; LUGINBÜHL, W.; GALLMANN, P. Minerals in honey: environmental, geographical and botanical Aspects. *Journal of apicultural research* **2007**, *46*, 269–275.
- BÖHLING, N. Zur Entwicklung der *Allium ursinum*-bestände im buchenreichen Eichen-Hainbuchenwald „Hohes Reisch“ 1978/2007. *Tuexenia* **2008**, *28*, 41-49.
- BORHIDI, A.B.; KEVEY, B. LENDVAI, G. Plant communities of Hungary. *Akadémiai Kiadó*, Budapest, Magyarország, **2012**.
- BOYANOVA, L.; ILIEVA, J.; GERGOVA, G.; VLADIMIROV, B.; NIKOLOV, R.; MITOV, I. Honey and green/black tea consumption may reduce the risk of *Helicobacter pylori* infection. *Diag. Micr. Infec. Dis.* **2015**, *82*, 85–86.
- BOŽEK, M. Nectar secretion and pollen production in *Hyacinthus orientalis* 'Sky Jacket' (Asparagaceae). *Acta agrobot.* **2019**, *72*, 1796-1806.
- BURKLE, L.A.; IRWIN, R.E. The importance of interannual variation and bottom-up nitrogen enrichment for plant-pollinator networks. *Oikos* **2009a**, *118*, 1816-1829.
- BURKLE, L.A.; IRWIN, R.E. The effects of nutrient addition on floral characters and pollination in two subalpine plants. *Ipomopsis aggregata* and *Linum lewisii*. *Plant Ecol.* **2009b**, *203*, 83-98.
- BURKLE, L.A.; IRWIN, R.E. Beyond biomass: Measuring the effects of community-level nitrogen enrichment on floral traits, pollinator visitation and plant reproduction. *J. Ecol.* **2010**, *98*, 705-717.
- BRAITHWAITE, I.; HUNT, A.; RILEY, J.; FINGLETON, J.; KOCKS, J.; CORIN, A.; HELM, C.; SHEAHAN, D.; TOFIELD, C.; MONTGOMERY, B.; HOLIDAY, M.; WEATHERHALL, M.; BEASLEY, R. Randomised controlled trial of topical kanuka honey for the treatment of rosacea. *BMJ Open* **2015**, *5*.

- BRUDZYNSKI, K., & MIOTTO, D. The recognition of high molecular weight melanoidins as the main components responsible for radical-scavenging capacity of unheated and heat-treated Canadian honeys. *Food Chemistry* **2011**, *125*, 570-575.
- CAN Z., YILDIZ O., SAHIN H., TURUMTAY E. A., SILICI S., KOLAYLI S. An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry* **2015**, *180*, 133-141.
- CAO, G.; ALESSIO, H.M.; CUTLER, R.G. Oxygen-radical absorbance capacity assay for antioxidants. *Free Radic Biol Med.* **1993**, *14*, 303-311.
- ČAPKA, D.; KISIĆ, I.; ZGORELEC, Ž.; MESIĆ, M.; JURIŠIĆ, A. Determination of soil pH in dominant soil types in the Republic of Croatia. *Agric. Conspec. Sci.* **2009**, *74*, 13-19.
- CHANG, X., WANG, J., YANG, S., CHEN, S., & SONG, Y. Antioxidative, antibrowning and antibacterial activities of sixteen floral honeys. *Food Functions* **2011**, *2*, 541-546
- CHUA, L.S.; RAHAMAN, N.L.A.; ADNAN, N.A.; EDDIE TAN, T.T. Antioxidant activity of three honey samples in relation with their biochemical components. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, **2013**, 1-8.
- CIMPOIU, C.; HOSU, A.; MICLAUS, V.; PUSCAS, A. Determination of the floral origin of some Romanian honeys on the basis of physical and biochemical properties. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* **2013**, *100*, 149–154.
- CLEARWATER, M.J.; REVELL, M.; NOE, S.; MANLEY-HARRIS, M. Influence of genotype, floral stage, and water stress on floral nectar yield and composition of Mānuka (*Leptospermum scoparium*). *Ann. Bot.* **2018**, *121*, 501-512.
- COMBARROS-FUERTES, P.; ESTEVINHO, L.M.; DIAS, L.G.; CASTRO, J.M.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A.; TORNADIJO, M.E.; FRESNO-BARO, J.M. Bioactive components and antioxidant and antibacterial activities of different varieties of honey: A screening prior to clinical application. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2018**, *67*, 688–698.
- CONTI, M.E., BOTRÉ, F. Honeybees and their products as potential bioindicators of heavy metals contamination. *Environmental Monitoring and Assessment*, **2001**, *69*, 267-282.
- CONTI, M.E., STRIPEIKIS, J., CAMPANELLA, L., CUCINA, D., & TUDINO, M.B. Characterization of Italian honeys (Marche Region) on the basis of their mineral content and some typical quality parameters. *Chemistry Central Journal* **2007**, *1*, 14-23.
- CONTI, M.E.; CANEPARI, S.; FINOIA, M.G.; MELE, G.; ASTOLFI, M.L. Characterization of Italian multifloral honeys on the basis of their mineral content and some typical quality parameters. *Journal of Food Composition and Analysis* **2018**, *74*, 102–113.
- CRAWLEY, M. *Statistics: An introduction using R*, 2nd ed.; Wiley: Chichester, UK, **2014**.
- CZIPA, N. Különböző eredetű mézek összehasonlító vizsgálata és a gyártmánykialakítás hatása a minőségre. Ph.D. értekezés, Debreceni Egyetem, Debrecen, Magyarország, **2010**.
- CZIPA, N.; ANDRÁSI, D.; KOVÁCS, B. Determination of essential and toxic elements in Hungarian honeys. *Food Chem.* **2015**, *175*, 536-542.
- CZIPA, N.; PHILLIPS, C.J.; KOVÁCS, B. Composition of acacia honeys following processing, storage and adulteration. *J. of Food Sci. and Technol.* **2019**, *56*, 1245–1255.

D'ARCY, B.R. Antioxidants in Australian Floral Honey – Identification of health-enhancing nutrient components. *Rural Industries Research and Development Corporation*. **2005**.

DA COSTA LEITE, J.M.; TRUGO, L.C.; COSTA, L.S.M.; QUINTERIO, L.M.C; BARTH, O.M.; DUTRA, V.M.L.; DE MARIA, C.A.B. Determination of oligosaccharides in Brazilian honeys of different botanical origin. *Food Chemistry* **2000**, *70*, 93-98.

DAFNI, H; LENSKY, Y; FAHN, A. Flower and nectar characteristics of nine species of Labiatae and their influence on honeybee visits. *J. Apic Res.* **1988**, *27*, 103-114.

DAVID, T.I; STORKEY, J.; STEVENS, C.J. Understanding how changing soil nitrogen affects plant-pollinator interactions. *Arthropod-Plant Interact.* **2019**, *13*, 671-684.

DENISOW, B.; STRZALKOWSKA-Abramek, M.; WRZESIEN, M. Nectar secretion and pollen production in protandrous flowers of *Campanula patula* L. (Campanulaceae). *Acta Agrobot.* **2018**, *71*, 1734-1742.

DE SILVA, P.M.; GAUCHE, C.; GONZAGA, L.V.; COSTA, A.C.O. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry* **2016**, *196*, 309-323.

DEVILLERS, J.; MORLOT, M.; PHAM-DELÉGUE, M.H.; DORÉ, J.C. Classification of monofloral honeys based on their quality control data. *Food Chemistry* **2004**, *86*, 305-312.

ĐURĐEVIĆ, L; DINIC, A; PAVLOVIC, P; MITROVIC, M.; KARADZIC, B.; TESEVIC, V. Allelopathic potential of *Allium ursinum* L. *Biochem Syst Ecol* **2004**, *32*, 533-544.

DOMINGUEZ, M.A.; CENTRUIÓN, M.E. Application of digital images to determine color in honey samples from Argentina. *Microchemical Journal* **2015**, *118*, 110-114.

DŽUGAN, M.; TOMCZYK, M. SOWA, P.; GRABEK-LEJKO, D. Antioxidant activity as biomarker of honey variety. *Molecules* **2018**, *23*, 2069.

EURÓPAI BIZOTTSÁG. Honey market presentation. *Agriculture and Rural Development*, **2021**. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/animals_and_animal_products/documents/market-presentation-honey-spring2021_en.pdf (Utoljára megtekintve: 2022.02.01.)

ERNST, W. Chemical soil factors determining plant growth. *Struct. Funct. Plant Popul.* **1978**, *1*, 155-187.

ESCUREDO, O., RODRÍGUEZ-FLORES, M.S., ROJO-MARTÍNEZ, S., & SEIJO, M.C. Contribution to the chromatic characterization of unifloral honeys from Galicia (NW Spain). *Foods* **2019**, *8*, 233.

FAHN A. Studies in the ecology of nectar secretion. *Palestine J Bot Jerusalem Ser.* **1949**, *4*, 207-224.

FARKAS, Á.; MOLNÁR, R.; MORSCHHAUSER, T.; HAHN, I. Variation in nectar volume and sugar concentration of *Allium ursinum* L. Ssp. *ucrainicum* in three habitats. *Sci. World J.* **2012**, *3*, 138579.

FARKAS, Á.; ZAJÁ CZ, E. Nectar production for the Hungarian honey industry. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology* **2007**, *1*, 125-151.

- FAUZI, A.N.; NORAZMI, M.N.; YAACOB, N.S. Tualang honey induces apoptosis and disrupts the mitochondrial membrane potential of human breast and cervical cancer cell lines. *Food Chem. Toxicol.* **2019**, *49*, 871-878.
- FECHNER, D.C., MORESI, A.M., RUIZ DÍAZ, J.D., PELLERANO, R.G., & VAZQUEZ, F.A. Multivariate classification of honeys from Corrientes (Argentina) according to geographical origin based on physicochemical properties. *Food Bioscience* **2016**, *15*, 49-54.
- FIJEN, T.P.; SCHEPER, J.A.; VOGEL, C.; VAN RUIJVEN, J.; KLEIJN, D. Insect pollination is the weakest link in the production of a hybrid seed crop. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2020**, *290*, 106743.
- FLANJAK, I.; KENJERIĆ, D.; BUBALO, D.; PRIMORAC, L. Characterisation of selected Croatian honey types based on the combination of antioxidant capacity, quality parameters, and chemometrics. *European Food Research and Technology* **2016**, *242*, 467–475.
- FOLEY, K.; FAZIO, G.; JENSEN, A.B.; HUGHES, W.O.H. The Distribution of *Aspergillus* spp. opportunistic parasites in hives and their pathogenicity to honey bees. *Veterinary Microbiology* **2014**, *169*, 203-210.
- FRANKEL, E.N.; MEYER, A.S. The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. *J. Sci. Food Agric.* **2000**, *80*, 1925-1941.
- FRAZIER, W.C.; WESTHOFF, D.C. *Food microbiology*. McGraw-Hill, New York, USA, **1978**.
- GHELDOLF, N., ENGESETH, N. J. Antioxidant capacity of honeys from various floral sources based on the determination of oxygen radical absorbance capacity and inhibition of in vitro lipoprotein oxidation in human serum samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **2002a**, *50*, 3050–3055.
- GHELDOLF, N.; WANG, X.H. ENGESETH, N.J. Identification and quantification of antioxidant components of honeys from various floral sources. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2002b**, *50*, 5870-5877.
- GHISELLI, A.; SERAFINI, M.; NATELLA, F.; SCACCINI, C. Total antioxidant capacity as a tool to assess redox status: critical view and experimental data. *Free Radic Biol Med.* **2000**, *29*, 1106-14.
- GIDAMIS, A. B., CHOVE, B.E., SHAYO, N. B., NNKO, S. A. AND BANGU, N.T. Quality evaluation of honey harvested from selected areas in Tanzania with special emphasis on hydroxymethyl furfural (HMF) levels. *Plant Foods for Human Nutrition* **2004**, *59*, 129-132.
- GILLIAM, M. Identification and roles of non-pathogenic microflora associated with honey bees. *FEMS Microbiology Letters* **1997**, *155*, 1-10.
- GONZALES, P.; BURIN, A.; PILAR BUERA, M. Color changes during storage of honeys in relation to their composition and initial color. *Food Research International* **1999**, *32*, 185-191.
- GONZÁLEZ-MIRET M. L, AYALA F, TERRAB A, ECHÁVARRI J. F, NEGUERUELA A. I, HEREDIA F. J. Simplified method for calculating colour of honey by application of the characteristic vector method. *Food Research International* **2007**, *40*, 1080-1086.

- GORJANOVIĆ, S.Ž.; ALVAREZ-SUAREZ, J.M.; NOVAKOVIĆ, M.M.; PASTOR, F.T.; PEZO, L.; BATTINO, M.; SUŽNJEVIĆ, D. Ž. Comparative analysis of antioxidant activity of honey of different floral sources using recently developed polarographic and various spectrophotometric assays. *J. Food Compos. Anal.* **2013**, *30*, 13-18.
- GOŚLIŃSKI, M.; NOWAK, D.; KLEBUKOWSKA, L. Antioxidant properties and antimicrobial activity of manuka honey versus Polish honeys. *J. Food Sci. Technol.* **2020**, *57*, 1269-1277.
- GULER, A.; BAKAN, A.; NISBET, C.; YAVUZ, O. Determination of important biochemical properties of honey to discriminate pure and adulterated honey with sucrose (*Saccharum officinarum* L.) syrup. *Food Chemistry* **2007**, *105*, 1119-1125.
- GÜL, A.; PEHLIVAN, T. Antioxidant activities of some monofloral honey types produced across Turkey. *Saudi Journal of Biological Sciences* **2018**, *25*, 1056-1065.
- GULYÁS, S.; NAGY, G.; MOLNÁR, A. A selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.) nektárjának és mézének összetétele homokon és kötött talajon. *Méhészsíjság* **1993**, *6*, 10.
- GYERGYÁK, K., BOROS, B., MARTON, K., FELINGER, A., PAPP, N., & FARKAS, Á. Bioactive constituents and antioxidant activity of some Carpathian Basin honeys. *Natural Product Communications* **2016**, *11*, 245-250.
- HABIB, H. M., AL MEQBALI, F. T., KAMAL, H., SOUKA, U. D., IBRAHIM, W. H. Physicochemical and biochemical properties of honeys from arid regions. *Food Chemistry* **2014**, *153*, 35-43.
- HALAGARDA, M.; GROTH, S.; POPEK, S.; ROHN, S.; PEDAN, V. Antioxidant activity and phenolic profile of selected organic and conventional honeys from Poland. *Antioxidants* **2020**, *9*, 44.
- HALMÁGYI, L.; KERESZTESI, B. A méhlegelő. Akadémiai Kiadó, Budapest, Magyarország, **1991**.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.* **2001**, *4*, 9.
- HEINRICHS, S.; DIERSCHKE, H.; KOMPA, T.; SCHMIDT, W. Effect of phenology, nutrient availability and windthrow on flowering of *Allium ursinum*- Results from long-term monitoring and experiments. *Tuexenia* **2018**, *38*, 111-134.
- HOOVER, S.E.; LADLEY, J.J.; SHCHEPETKINA, A.A.; TISCH, M.; GIESEG, S.P. TYLIANAKIS, J.M. Warming, CO₂, and nitrogen deposition interactively affect a plant-pollinator mutualism. *Ecol. Lett.* **2012**, *15*, 227-234.
- HORIKOSHI, M.; TANG, Y.; DICKEY, A.; GRENIÉ, M.; THOMPSON, R.; SELZER, L.; STRBENAC, D.; VORONIN, K. Data visualization tools for statistical analysis results. **2016**, Available online: <https://CRAN.R-project.org/package=gfortify>
- ISLA, M.; CORDERO, A.; DÍAZ, L.; PÉREZ-PÉREZ, E.M.; & VIT, P. 19. Cosmetic properties of honey. 1. Antioxidant activity. In P. Vit, D. W. Roubik (Eds). *Stingless bees process honey and pollen in cerumen pots*, Mérida, Venezuela: Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de Los Andes, **2013**, 1-8.
- ISLAM, M.N.; KHALIL, M.I.; ISLAM, M.A.; GAN, S.H. Toxic compounds in honey. *Journal of Applied Toxicology* **2014**, *34*, 733-742.

JABLONSKI, B. Notes on the method to investigate nectar secretion rate in flowers. *J. Apic. Sci.* **2002**, *46*, 117-124.

JANZOWSKI, C.; GLAAB, V.; SAMIMI, E.; SCHLATTER, J.; EISENBRAND, G. 5-Hydroxymethylfurfural: assessment of mutagenicity, DNA-damaging potential and reactivity towards cellular glutathione. *Food and Chemical Toxicology* **2000**, *38*, 801-809

JARIĆ, S.; DURDEVIC, L.A.; MAČUKANOVIĆ-JOCIĆ, M.P.; GAJIĆ, G.M. Morphometric characteristics and nectar potential of *Ocimum basilicum* L. var. Genovese (Lamiaceae) in relation to microclimatic and edaphic environmental factors. *Period. Biol.* **2010**, *112*, 283-291.

JASICKA-MISIAK, I.; MAKOWICZ, E.; STANEK, N. Chromatographic fingerprint, antioxidant activity, and colour characteristic of polish goldenrod (*Solidago virgaurea* L.) honey and flower. *European Food Research and Technology* **2018**, *244*, 1169-1184.

JOERG, E.; SONTAG, G. Determination of phenolic acids in honey by HPLC using coulometric dual electrode detection. In *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* **1992**, *80*, 179-183.

KARABAGIAS, I.K.; BADEKA, A.; KONTAKOS, S.; KARABOURNIOTI, S.; KONTOMINAS, M.G. Characterization and classification of *Thymus capitatus* (L.) honey according to geographical origin based on volatile compounds, physicochemical parameters and chemometrics. *Food Research International* **2014**, *55*, 363-372.

KARPAVIČIENĖ, B. Distribution of *Allium ursinum* L. *Lith. Acta Biol. Univ. Daugavp.* **2006**, *6*, 117-122.

KAŠKONIENĖ, V.; MARUŠKA, A.; KORNYSŒOVA, O.; CHARCZUN, N.; LIGOR, M.; BUSZEWSKI, B. Quantitative and qualitative determination of phenolic compounds in honey. *Cheminė Technologija*, **2009**, *3*, 74-80.

KASPER-SZÉL, ZS.; AMTMANN, M.; TAKÁTS, A.; KARDOS-NEUMANN, Á. A comparative analysis of Hungarian robinia and milkweed honeys based on their chemical and physical characteristics. *Acta Alimentaria* **2003**, *32*, 395-403.

KAYGUSUZ, H.; TEZCAN, F.; ERIM, F.B.; YILDIZ, O.; SAHIN, H.; CAN, Z.; KOLAYLI, S. Characterization of Anatolian honeys based on minerals, bioactive components and principal component analysis. *LWT-Food Science and Technology* **2016**, *68*, 273-279.

KHALIL, M.I.; SULAIMAN, S.A.; BOUKRAA, L. Antioxidant properties of honey and its role in preventing health disorder. *The Open Nutraceuticals Journal* **2010**, *3*.

KEK, S.P.; CHIN, N.L.; YUSOF, Y.A.; TAN, S.W.; CHUA, L.S. Total phenolic contents and colour intensity of Malaysian honeys from the *Apis* spp. and *Trigona* spp. bees. *Agric. and Agri. Sci. Procedia* **2014**, *2*, 150-155.

KENJERIĆ, D.; MANDIĆ, M.L.; PRIMORAC, L.; ČAČIĆ, F. Flavonoid pattern of sage (*Salvia officinalis* L.) unifloral honey. *Food Chem.* **2008**, *110*, 187-192.

KEVEY, B. Magyarország erdőtársulásai. *Tilia* **2008**, *14*, 1-488.

KIVRAK, Ş.; KIVRAK, İ. Assessment of phenolic profile of Turkish honeys. *Int. J. Food Prop.* **2017**, *20*, 864-876.

KOCSIS, M.; BODÓ, A.; KŐSZEGI, T.; CSEPREGI, R.; FILEP, R.; HOFFMANN, GY.; FARKAS, Á. Quality assessment of goldenrod, milkweed and multifloral honeys based on botanical origin, antioxidant capacity and mineral content. *International Journal of Molecular Sciences* **2022**, *23*, 769, 13p.

KOCYIGIT, A.; GULER, E.M.; KALELI, S. Anti-inflammatory and antioxidative properties of honey bee venom on Freund's complete adjuvant-induced arthritis model in rats. *Toxicon* **2019**, *161*, 4-11.

KÖRMENDY-RÁCZ, J. Crystallisation of honey. *Méhészet* **2009**, *57*, 18-19.

KŐSZEGI, T.; SALI, N.; RAKNIĆ, M.; HORVÁTH-SZALAI, Z.; CSEPREGI, R.; KONČIĆ, M. Z.; PAPP, N.; POÓR, M. A novel luminol-based enhanced chemiluminescence antioxidant capacity microplate assay for use in different biological matrices. *Journal of Pharmacological and Toxicological Methods* **2017**, *88*, 153-159.

KÖZPONTI STATISZTIKAI HIVATAL (KSH). A méhészet, méztermelés helyzete és lehetőségei, különös tekintettel Észak-Magyarország megyéire. **2012**.

<https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/regiok/meheszet.pdf> (Utoljára megtekintve: 2022.02.01.)

KUŚ, P.M.; CONGIU, F., TEPER, D.; SROKA, Z.; JERKOVIĆ, I.; & TUBEROSO, C.I.G. Antioxidant activity, color characteristics, total phenol content and general HPLC fingerprints of six Polish unifloral honey types. *LWT - Food Science and Technology* **2014**, *55*, 124-130.

KUŚ, P.M.; JERKOVIĆ, I.; MARIJANOVIĆ, Z.; KRANJAC, M.; TUBEROSO, C.I.G. Unlocking *Phacelia tanacetifolia* Benth. honey characterization through melissopalynological analysis, color determination and volatiles chemical profiling. *Food Research International* **2018**, *106*, 243-253.

KÜÇÜK, M.; KOLAYLI, S.; KARAOĞLU, Ş.; ULUSOY, E.; BALTACI, C.; CANDAN, F. Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia, *Food Chemistry* **2007**, *100*, 526-534.

KROPF, U., KOROŠEC, M., BERTONCELJ, J., OGRINC, N., NEČEMER, M., KUMP, P., & GOLOB, T. Determination of the geographical origin of Slovenian black locust, lime and chestnut honey. *Food Chemistry* **2010**, *121*, 839-846.

LACHMAN, J.; ORSÁK, M.; HEJTMÁNKOVÁ, A.; KOVÁŘOVÁ, E. Evaluation of antioxidant activity and total phenolics of selected Czech honeys. *LWT-Food Science and Technology* **2010**, *43*, 52-58.

LAMPEITL, F.; FRANZ, K. Méhészkedés. *Ulmer & HOGYF Editio*, Budapest, **1997**.

LEUSCHNER, C.; LENDZION, J. Air humidity, soil moisture and soil chemistry as determinants of the herb layer composition in European beech forests. *J. Veg. Sci.* **2009**, *20*, 288-298.

LEWOYEHU, M.; AMARE, M.; YILDIZ, F. Comparative evaluation of analytical methods for determining the antioxidant activities of honey: A review. *Cogent Food & Agriculture* **2019**, *5*, 1.

LIANDA, R.L.P.; SANT'ANA, O.L.; ECHEVARIA, A.; CASTRO, R.N. Antioxidant activity and phenolic composition of Brazilian honeys and their extracts. *Journal of Brazilian Chemical Society* **2012**, *23*, 618-627.

- LIANG, N.; KITSS, D.D. Antioxidant property of coffee components: Assessment of methods that define mechanisms of action. *Molecules* **2014**, *19*, 19180-19208.
- LIU, T.M.; LUO, Y.W.; TAM, K.W.; LIN, C.C.; HUANG, T.W. Prophylactic and therapeutic effects of honey on radiochemotherapy-induced mucositis: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Support. Care Cancer* **2019**, *27*, 2361–2370.
- LOUVEAUX, J.; MAURIZIO, A.; VORWOHL, G. Methods of melissopalynology. *Bee World* **1978**, *59*, 139-157.
- LU, N.-N.; LI, X.-H.; LI, L.; ZHAO, Z.-G. Variation of nectar production in relation to plant characteristics in protandrous *Aconitum gymnantrum*. *J. Plant Ecol.* **2015**, *8*, 122–129.
- MACHADO DE-MELO, A.A.; BICUDO DE ALMEIDA-MURADIAN, L.; SANCHO, M.T.; PASCUAL-MATÉ, A. Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of Apicultural Research* **2017**, *57*, 5-37.
- MAČUKANOVIĆ-JOCIĆ, M. Morpho-physiological flower characteristics in selected Lamiaceae species in relation to honeybee attraction; Ph.D. thesis, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, 2006. (in Serbian)
- MAČUKANOVIĆ- JOCIĆ, M.; DAJIĆ-STEVAHOVIĆ, Z.; JARIĆ, S.; ĐURĐEVIĆ, L. Nectar secretion in basil (*Ocimum basilicum* L.) grown in different soil conditions. *J. Apic. Res.* **2008**, *47*, 89-90.
- MAČUKANOVIĆ-JOCIĆ, M.; DULETIĆ-LAUŠEVIĆ, S.; JOCIĆ G. Nectar production in three melliferous species of Lamiaceae in natural and experimental conditions. *Acta Vet.* **2004**, *54*:475-487.
- MAČUKANOVIĆ-Jocić, M.; ĐURĐEVIĆ, L. Influence of microclimatic conditions on nectar exudation in *Glechoma hirsuta* W.K. *Arch. Biol. Sci.* **2005**, *57*, 119-126.
- MADEJCZYK, M., BARALKIEWICZ, D. Characterization of Polish rape and honeydew honey according to their mineral contents using ICP-MS and F-AAS/AES. *Analytica Chimica Acta*, **2008**, *617*, 11-17.
- MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV (Codex Alimentarius Hungaricus) 2-10 számú irányelv Megkülönböztető minőségi jelöléssel ellátott mézfélékről. *Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság*, Budapest, **2009**.
- MANZANARES, A.B.; GARCÍA, Z.H.; GALDÓN, B.R.; RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, E.M.; ROMERO, C.D. Physicochemical characteristics and pollen spectrum of monofloral honeys from Tenerife, Spain. *Food Chemistry* **2017**, *228*, 441–446.
- MARTINELLO, M.; MUTINELLI, F. Antioxidant activity in bee products: A review. *Antioxidants* **2021**, *10*, 71.
- MATEO CASTRO R., JIMENEZ ESCAMILLA M., BOSCH-REIG F. Evaluation of the color of some unifloral honey types as a characterization parameter. *Journal of AOAC International* **1992**, *75*, 537–542.
- MAURYA, S.; KUSHWAHA, A.K.; SINGH, S.; SINGH, G. An overview on antioxidative potential of honey from different flora and geographical origins. *Indian Journal of Natural Products and Resources* **2014**, *5*, 9-19.

- MAURIZIO, A. Microscopy of honey. In E. Crane (Ed.). *Honey: A Comprehensive Survey* **1975**, 240-257, London, UK: Heinemann.
- MCKENNA, M.A.; THOMSON, J.D. A technique for sampling and measuring small amounts of floral nectar. *Ecol. (Durh.)* **1988**, *69*, 1306-1307.
- MIGDAŁ, H.B.; OWZARCZYK, B.; HOŁFERNIA-KĘDZIA, E.; MADAJCZYK, D. Microbiological decontamination of natural honey by irradiation. *Radiation Physics and Chemistry* **2000**, *57*, 285-288.
- MILLER, J. Goldrenrod honey: From weed to wonderful. *Mother Earth News* **2013**.
- MOHAMMED, F.; ABDULWALI, N.; GUILLAUME, D.; BCHITOU, R. Element content of Yemeni honeys as a long-time Marker to ascertain honey botanical origin and quality. *LWT* **2018**, *88*, 43-46.
- MORITA, M., NAITO, Y., YOSHIKAWA, T., & NIKI, E. Antioxidant capacity of blueberry extracts: Peroxyl radical scavenging and inhibition of plasma lipid oxidation induced by multiple oxidants. *Journal of Berry Research* **2017**, *7*, 1-9.
- MORSE, R.A.; LISK, D.J. Elemental analysis of honeys from several nations. *American Bee Journal* **1980**, *120*, 522-523.
- MOSKWA, J.; BORAWSKA, M.H.; MARKIEWICZ-ŻUKOWSKA, R.; PUŚCION-JAKUBIK, A.; NALIWAJKO, S.K.; SOCHA, K.; SOROCZYŃSKA, J. Polish natural bee honeys are anti-proliferative and anti-metastatic agents in human glioblastoma multiforme U87MG cell line. *PLoS ONE* **2014**, *9*.
- MOUHOUBI-TAFININE, Z.; OUCHEMOUKH, S.; BACHIR BEY, M.; LOUAILECHE, H.; TAMENDJARI, A. Effect of storage on hydroxymethylfurfural (HMF) and color of some Algerian honey. *International Food Research Journal* **2018**, *25*, 1044-1050.
- MUÑOZ, A.A.; CELEDON-NEGhme, C.; CAVIERES, L.A. ARROYO, M.T. Bottom-up effects of nutrient availability on flower production, pollinator visitation, and seed output in a High-Andean shrub. *Oecologia* **2005**, *143*, 126-135.
- NAYIK, G.A.; SUHAG, Y.; MAJID, I.; NANDA, V. Discrimination of high altitude Indian honey by chemometric approach according to their antioxidant properties and macro minerals. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* **2018**, *17*, 200-207.
- NEPI, M.; STPICZYŃSKA, M. The complexity of nectar: secretion and resorption dynamically regulate nectar features. *Naturwissenschaften* **2008**, *95*, 177-184.
- NICKLESS, E.M.; ANDERSON, C.W.; HAMILTON, G.; STEPHENS, J.M. WARGENT, J. Soil influences on plant growth, floral density and nectar yield in three cultivars of mānuka (*Leptospermum scoparium*). *New Zealand J. Bot.* **2017**, *55*, 100-117.
- NIKOVITZ, A. (SZERK.) A méhészet kézikönyve I.-II. *Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóközpont*, Budapest, Magyarország, **1983**.
- NOZAL, M.J.; BERNAL, J.L.; TORIBIO, L.; JIMÉNEZ, J.J.; MARTÍN, M.T. High performance liquid chromatography determination of methylanthranilate, hydroxymethylfurfural and related compounds in honey. *J. Chromatogr. A.* **2001**, *917*, 95-103.

NYAWALI, B.; CHUNGU, D.; CHISHA-KASUMU, E.; VINYA, R.; CHILESHE, F.; NG'ANDWE, P. Enzymatic browning reduction in white cabbage (*Brassica oleracea*) using honey: Does honey color matter? *LWT-Food Science and Technology* **2015**, *61*, 543-549.

ODUWOLE, O.; OYO-ITA, A.; MEREMIKWU, M.M.; UDOH, E.E. Honey for acute cough in children. *Cochrane Database Syst. Rev.* **2018**, *4*.

OLAITAN, P.B.; ADELEKE, O.E.; OLA, I.O. Honey: a reservoir for microorganisms and an inhibitory agent for microbes. *Afr Health Sci.* **2007**, *7*, 159-165.

OLAS, B. Honey and its phenolic compounds as an effective natural medicine for cardiovascular diseases in humans? *Nutrients* **2020**, *12*, 283-296.

PACINI, E.; NEPI, M. Nectar production and presentation. In *Nectaries and Nectar*; Nicolson, S.W.; Nepi, M; Pacini, E. Eds.; Springer Netherlands: Dordrecht, The Netherlands, **2007**, pp. 167-214. ISBN 978-1-4020-5937-7.

PATAY, É.B.; SALI, N.; KŐSZEGI, T.; CSEPREGI, R.; BALÁZS, V.L.; NÉMETH, T.S.; NÉMETH, T.; PAPP, N. Antioxidant potential, tannin and polyphenol contents of seed and pericarp of three *Coffea* species. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, **2016**, *9*, 366-371.

PAULIUC, D.; DRANCA, F.; OROIAN, M. Antioxidant activity, total phenolic content, individual phenolics and physicochemical parameters suitability for Romanian honey authentication. *Foods* **2020**, *9*, 306.

PEÑA, R.M.; BARCIELA, J.; HERRERO, C.; GARCÍA-MARTÍN, S. Solid-phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry determination of monoterpenes in honey. *Journal of Separation Science* **2004**, *27*, 1540-4.

PERNA, A.; SIMONETTI, A.; INTAGLIETTA, I.; SOFO, A.; GAMBACORTA, E. Metal content of southern Italy honey of different botanical origins and its correlation with polyphenol content and antioxidant activity. *International journal of food science & technology* **2012**, *47*, 1909–1917.

PERNA, A.; SIMONETTI, A.; GAMBACORTA, E.I.I. Antioxidant properties, polyphenol content and colorimetric characteristics of different floral origin honeys from different areas of southern Italy. *Journal of Life Sciences* **2013**, *7*, 428-436.

PERSANO ODDO, L.; L.; BOGDANOV, S. Determination of honey botanical origin: Problems and issues. *Apidologie* **2004**, *35*, 2-3.

PERSANO ODDO, L.; PIRO, R. BRUNEAU, É.; GUYOT-DECLERCK, C.; IVANOV, T.; PISKULOVÁ, J.; FLAMINI, C.; LHERITIER, J.; MORLOT, M.; RUSSMANN, H. Main European unifloral honeys: descriptive sheets. *Apidologie* **2004**, *35*, 38-81.

ORAVECZ, T.; MUCHA, L.; ILLÉS, B.Cs. A magyar méhészeti ágazat elmúlt 20 éve – Termelési alapok. *Gazdálkodás* **2020**, *64*, 435-451.

PETANIDOU, T.; GOETHALS, V.; SMETS, E. Nectary structure of Labiatae in relation to their nectar secretion and characteristics in a Mediterranean shrub community - Does flowering time matter? *Plant Syst. Evol.* **2000**, *225*, 103-118.

PETERSON, J.; DWYER, J. Flavonoids: Dietary occurrence and biochemical activity. *Nutrition Research* **1998**, *18*, 1995-2018.

- PILJAC-ŽEGARAC, J.; STIPČEVIĆ, T.; BELŠČAK, A. Antioxidant properties and phenolic content of different floral origin honeys. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science* **2009**, *1*, 43-50.
- PISANI, A.; PROTANO, G.; RICCOBONO, F. Minor and trace elements in different honey types produced in Siena County (Italy). *Food Chemistry* **2008**, *107*, 1553-1560.
- PONTIS, J.A.; COSTA, L.A.M.A. DA; SILVA, S.J.R. DA; FLACH, A. Color, phenolic and flavonoid content, and antioxidant activity of honey from Roraima, Brazil. *Food Science and Technology* **2014**, *34*, 69-73.
- POPEK, S. Electrical conductivity as an indicator of the quality of nectar honeys. *Forum Ware* **1998**, *1,4*, 75-79.
- POWER, E.F.; STABLER, D.; BORLAND, A.M.; BARNES, J.; WRIGHT, G.A. Analysis of nectar from low-volume flowers. A comparison of collection methods for free amino acids. *Methods Ecol. Evol.* **2018**, *9*, 734-743.
- PRIOR, R.L.; CAO, G. In vivo total antioxidant capacity: Comparison of different analytical methods. *Free Radical Biology & Medicine* **1999**, *27*, 1173-1181.
- PRIOR, R.L., SINTARA, M.; CHANG, T. Multi-radical (ORAC_{MRS}) antioxidant capacity of selected berries and effects of food processing. *Journal of Berry Research* **2016**, *6*, 159-173.
- PUNITAN, R.; SULAIMAN, S.A.; HASAN, H.B.; SHATRIAH, I. Clinical and antibacterial effects of Tualang honey on Pseudomonas-induced keratitis in rabbit eyes. *Cureus* **2019**, *11*.
- PUŚCION-JAKUBIK, A.; BORAWSKA, M.H.; SOCHA, K. Modern methods for assessing the quality of bee honey and botanical origin identification. *Foods* **2020**, *9*, 1028-1048.
- QUINTAS, M.A.C.; BRANDÃO, T.R.S.; SILVA, C.L.M. Modelling colour changes during caramelisation reaction. *Journal of Food Engineering* **2007**, *83*, 483-491.
- RAJS, B.B.; FLANJAK, I.; MUTIĆ, J.; VUKOJEVIĆ, V.; ĐURĐIĆ, S.; PRIMORAC, L. Characterization of Croatian rape (*Brassica* sp.) honey by pollen spectrum, physicochemical characteristics, and multielement analysis by ICP-OES. *Journal of AOAC International* **2017**, *100*, 881-888.
- RASHED, M.N., & SOLTAN, M.E. Major and trace elements in different types of Egyptian mono-floral and non-floral bee honeys. *Journal of Food Composition and Analysis*, **2004**, *17*, 725-735.
- RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*. **1999**, *26*, 1231-1237.
- REUTER, H.D. *Allium sativum* and *Allium ursinum*: Part 2. Pharmacology and medicinal application. *Phytomed* **1995**, *2*, 73-91.
- RITTER, L. Sources, pathways, and relative risks of contaminants in surface water and groundwater: A perspective prepared for the Walkerton inquiry. *J. Toxicol. Environ Health Part A* **2002**, *65*, 1-142.

RODRÍGUEZ, B.A.; MEDOZA, S.; ITURRIGA, M.H.; CASTAÑO-TOSTADO, E. Quality parameters and antioxidant and antibacterial properties of some Mexican honeys. *Journal of Food Science* **2012**, *71*, 121-127.

R Development Core Team 2019, R: Egy nyelv és környezet a statisztikai számítástechnikában. R Foundation for Statistical Computing, Bécs, Ausztria. <https://www.R-project.org/>
Utolsó megtekintés: 2021. április 7.

SADEGHI, F.; SALEHI, S.; KOHANMOO, A.; AKHLAGHI, M. Effect of natural honey on glycemic control and anthropometric measures of patients with type 2 diabetes: A randomized controlled crossover trial. *Int. Prev. Med.* **2019**, *10*, 3.

SAGER, M. The honey as a bioindicator of the environment. *Ecol. Chem. Eng. S.* **2017**, *24*, 583-594.

SAHA, A.; CHATTOPADHYAY, S.; AZAM, M.; SUR, P.K. The role of honey in healing of bedsores in cancer patients. *South Asian J. Cancer* **2012**, *1*, 66–71.

SAJTOS, Z.; HERMAN, P.; HARANGI, S.; BARANYAI, E. Elemental analysis of Hungarian honey samples and bee products by MP-AES method. *Microchemical Journal* **2019**, *149*, 103968.

SAMARGHANDIAN, S.; AFSHARI, J.T.; DAVOODI, S. Honey induces apoptosis in renal cell carcinoma. *Pharmacogn. Mag.* **2011**, *7*, 46–52.

SANZ, M.L.; DEL CASTILLO M.D.; CORZO, N.; OLANO, A. 2-Furoylmethyl amino acids and hydroxymethylfurfural as indicators of honey quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2003**, *51*, 4278-4283.

SARI, E.; AYYILDIZ, N. Biological activities and some physicochemical properties of sunflower honeys collected from the thrace region of Turkey. *Pak. J. of Biol. Sci. PJBs* **2012**, *15*, 1102–1110.

SATTA, A.; VERDINELLI, M.; RUIU, L.; BUFFA, F.; SALIS, S.; SASSU, A.; FLORIS, I. Combination of beehive matrices analysis and ant biodiversity to study heavy metal pollution impact in a post-mining area (Sardinia, Italy). *Environmental Science and Pollution Research* **2012**, *19*, 3977-3988.

SAUNIER, J.-B., LOSFELD, G., FREYDIER, R., GRISON, C. Trace elements biomonitoring in a historical mining district (les Malines, France). *Chemosphere* **2013**, *93*, 2016-2023.

SAWICKI, T.; BĄCZEK, N.; STAROWICZ, M. Characterisation of the total phenolic, vitamins C and E content and antioxidant properties of the beebread and honey from the same batch. *Czech J. of Food Sci.* **2020**, *38*, 158-163.

SCHMID, E. Die Vegetationsgürtel Griechenlands. *Veröff Geobot Inst Rübel* **1975**, *55*, 37–71.

SCRIPCĂ, L.A.; AMARIEI, S. The influence of chemical contaminants on the physicochemical properties of unifloral and multifloral honey. *Foods* **2021**, *10*, 1039.

ŞENLIKCI, A.; DOĞU, M.; EREN, E.; ÇETINKAYA, E.; KARADAĞ, S. Pressure calcimeter as a simple method for measuring the CaCO₃ content of soil and comparison with Scheibler calcimeter. *Toprak Su Derg.* **2015**, 24-28.

SILICI, S.; ULUOZLU O.D.; TUZEN, M.; SOYLAK, M. Assessment of trace element levels in Rhododendron honeys of Black Sea Region, Turkey. *J. Hazard. Mater.* **2008**, *156*, 612-618.

SILVA, E.M.; DEAN B.B., HILLER L. Patterns of floral nectar production of onion (*Allium cepa* L.) and the effects of environmental conditions. *J Amer Soc Hort Sci.* **2004**, *129*, 299-302.

SILVA, T.M.S.; DOS SANTOS, F.P.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; DA SILVA, E.M.S.; DA SILVA, G.S.; DE NOVAIS, J.S.; DOS SANTOS, F.A.R.; & CAMARA, C.A. Phenolic compounds, melissopalynological, physicochemical analysis and antioxidant activity of jandaíra (*Melipona subnitida*) honey. *Journal of Food Composition and Analysis* **2013**, *29*, 10-18.

SINGLETON, V.L., ORTHOFER, R., & LAMUELA-RAVENTOS, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology* **1999**, *299*, 152-178.

SOBOLEWSKA, D; PODOLAK, I; MAKOWSKA-WAŚ, J. *Allium ursinum*: botanical, phytochemical and pharmacological overview. *Phytochem Rev* **2015**, *14*, 81-97.

SOLAYMAN, MD.; ISLAM, A. MD.; PAUL, S.; ALI, Y.; KHALIL, I. MD.; ALAM, N.; GAN, S.H. Physicochemical properties, minerals, trace elements, and heavy metals in honey of different origins: A comprehensive review. *Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety* **2016**, *15*, 219-233.

SONG, X.Y.; YAO, Y.-F.; YANG, W.-D. Pollen analysis of natural honey from the central region of Shanxi, North China. *PLoS ONE* **2012**, *7*, e49545.

SOUSA, J.M.B.; SOUZA, E.L.; MARQUES, G.; TOLEDO BENASSI, M.; GULLÓN, B.; PINTADO M.M. MAGNANI, M. Sugar profile, physicochemical and sensory aspects of monofloral honeys produced by different stingless bee species in Brazilian semi-arid region. *LWT – Food Science and Technology* **2016**, *65*, 645-651.

SOWA, P.; GRABEK-LEJKO, D.; WESOŁOWSKA, M.; SWACHA, S.; DŽUGAN, M. Hydrogen peroxide-dependent antibacterial action of *Melilotus albus* honey. *Letters in applied microbiology* **2017**, *65*, 82–89.

SREĆKOVIĆ, N.Z.; MIHAILOVIĆ, V.B.; KATANIĆ STANKOVIĆ, J.S. Physico-chemical, antioxidant and antimicrobial properties of three different types of honey from Central Serbia. *Kragujevac J. Sci.* **2019**, *41*, 53-68.

STAGOS, D.; SOULITSIOTIS, N.; TSADILA, C.; PAPAECONOMOU, S.; ARVANITIS, C.; NTONTOS, A.; KARKANTA, F.; ADAMOY-ANDROULAKI, S.; PETROTOS, K.; SPANDIDOS, D.A.; KOURETAS, D.; MOSSIALOS D. Antibacterial and antioxidant activity of different types of honey derived from Mount Olympus in Greece. *Int. J. Mol. Med.* **2018**, *42*, 726-734.

STAROWICZ, M.; OSTASZYK, A.; ZIELIŃSKI, H. The relationship between the browning index, total phenolics, color, and antioxidant activity of Polish-originated honey samples. *Foods* **2021**, *10*, 967.

STEARNS, W.T. Geographical and other abbreviations in the Flora URSS by Komarov and others. *New Phytol* **1947**, *46*, 61–67.

SZABÓ R.T.; MÉZES, M.; SZALAI, T.; ZAJÁ CZ, E.; WEBER, M. Colour identification of honey and methodical development of its instrumental measuring. *Columella – Journal of Agricultural and Environmental Sciences* **2016**, *3*, 29-36.

SZALAY, L. The role of honey in a diet. *Méhészet* **2002**, *50*, 16-17.

SZÉL, ZS. A selyemkóróméz kémiai vizsgálata és összehasonlítása az akácmézzel. Ph.D. értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, Magyarország, **2006**.

TAVAFZADEH, S.S.; OOI, F.K.; CHEN, C.K.; SULAIMAN, S.A.; HUNG, L.K. Bone mechanical properties and mineral density in response to cessation of jumping exercise and honey supplementation in young female rats. *BioMed Res. Int.* **2015**, 938182.

TERRAB, A.; GONZÁLEZ-MIRET, L.; HEREDIA, F.J. Colour characterisation of thyme and avocado honeys by diffuse reflectance spectrophotometry and spectroradiometry. *European Food Research and Technology* **2004**, 218, 488–492.

TERRAB, A.; RECAMALES, A.F.; GONZALEZ-MIRET, M.L.; HEREDIA, F.J. Contribution to the study of avocado honeys by their mineral contents using inductively coupled plasma optical emission spectrometry. *Food Chemistry* **2005**, 92, 305–309.

TIESSEN, H.; MOIR, J.O. Total and organic carbon. In *Soil sampling and methods of analysis*; Carter, M.R., Ed.; Lewis Publishers, Ann Arbor, MI, USA, **1993**, 187-211.

TRÉMOLIÈRES, M.; NOËL, V.; HÉRAULT, B. Phosphorus and nitrogen allocation in *Allium ursinum* on an alluvial floodplain (Eastern France). Is there an effect of flooding history? *Plant Soil* **2009**, 324, 279-289.

TÓTH, GY. A Magyar méhészet Achilles-sarkai. *Méhészet* **2019**, 67, 16-18.

TUBEROSO C.I.G, JERKOVIĆ .I, SARAIŠ G., CONGIU F., MARIJANOVIĆ Z. KUŠ P.M. Color evaluation of seventeen European unifloral honey types by means of spectrophotometrically determined CIE L*C*ab h°ab chromaticity. *Food Chemistry* **2004**, 145, 284- 291.

TURKMEN N., SARI F., POYRAZOGLU E.S., VELIOGLU Y.S. Effects of prolonged heating on antioxidant activity and colour of honey. *Food Chemistry* **2006**, 95, 653–657

TUTIN, T.G. Biological flora of the British Isles. No.63. *Allium ursinum* L., *J Ecol* **1957**, 45, 1003–1010.

VALKÓ, O.; TÓTHMÉRÉSZ, B.; KELEMEN, A.; SIMON, E.; MIGLÉCZ, T.; LUKÁCS, B.A.; TÖRÖK, P. Environmental factors driving seed bank diversity in alkali grasslands. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2014**, 182, 80-87.

VANHANEN, L.P.; EMMERTZ, A.; SAVAGE, G.P. Mineral analysis of mono-floral New Zealand honey. *Food Chem.* **2011**, 128, 236-240.

VIT, P.; RODRÍGUEZ-MALAYER, A.; RÓNDON, C.; GONZÁLEZ, I.; DI BERNARDO, M.L.; GARCÍA, M.Y. Bioactive indicators related to bioelements of eight unifloral honeys. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* **2010**, 60, 405-410.

VON DER OHE, W.; PERSANO ODDO, L.; PIANA, M.L.; MORLOT, M.; MARTIN, P. Harmonized methods of melissopalynology. *Apidology* **2004**, 35, 18-25.

WATANABE, K.; RAHMASARI, R.; MATSUNAGA, A.; HARUYAMA, T.; KOBAYASHI, N. Anti-influenza viral effects of honey in vitro: Potent high activity of manuka honey. *Arch. Med. Res.* **2014**, 45, 359–365.

WILCZYNSKA, A. Effect of filtration on colour, antioxidant activity and total phenolics of honey. *LWT-Food Science and Technology* **2014**, 57, 767-774.

XIAO, J.; LIU, Y.; XING, F.; LEUNG, T.M.; LIONG, E.C.; TIPOE, G.L. Bee's honey attenuates non-alcoholic steatohepatitis-induced hepatic injury through the regulation of thioredoxin-interacting protein-NLRP3 inflammasome pathway. *Eur. J. Nutr.* **2016**, *55*, 1465–1477.

ZIMMERMAN, M. Nectar production, flowering phenology, and strategies for pollination. *Plant Reprod. Ecol. Pattern Strateg.* **1988**, *41*, 157–78.

9. PUBLIKÁCIÓS LISTA

9.1. A dolgozat alapjául szolgáló tudományos közlemények

9.1.1. Referált folyóiratban megjelent közlemények

KOCSIS, M.; **BODÓ, A.**; KŐSZEGI, T.; CSEPREGI, R.; FILEP, R.; HOFFMANN, GY.; FARKAS, Á. Quality assessment of goldenrod, milkweed and multifloral honeys based on botanical origin, antioxidant capacity and mineral content. *International Journal of Molecular Sciences* **2022**, *23*, 769, 13p. (IF=5.924) (Megosztott első szerzőség)

BODÓ, A.; FARKAS, Á.; NAGY, D.U.; RUDOLF, K.; HOFFMANN, R.; KOCSIS, M.; MORSCHHAUSER, T. Soil humus, iron, sulphate and magnesium content affect nectar traits of wild garlic (*Allium ursinum* L.). *Plants* **2021**, *10*, 597, 12p. (IF=3.935) (Megosztott első szerzőség)

BODÓ, A.; RADVÁNYI, L.; KŐSZEGI, T.; CSEPREGI, R.; NAGY, D.U.; FARKAS, Á.; KOCSIS, M. Quality evaluation of light- and dark-colored Hungarian honeys, focusing on botanical origin, antioxidant capacity and mineral content. *Molecules* **2021**, *26*, 2825. (IF=4.411)

BODÓ, A.; RADVÁNYI, L.; KŐSZEGI, T.; CSEPREGI, R.; NAGY, D.U.; FARKAS, Á.; KOCSIS, M. Melissopalynology, antioxidant activity and multielement analysis of two types of early spring honeys from Hungary. *Food Bioscience* **2020**, *35*, 100587 (IF=4.240)

9.1.2. Konferencia közlemények

ELVIN MAHARRAMOV, **ALEXANDRA BODÓ**, MARIANNA KOCSIS, ÁGNES FARKAS, CSABA FEKETE, GÁBOR PAPP: Sugar content and antifungal activity of seven different types of Hungarian honey. XVI. János Szentágothai Multidisciplinary Conference and Student Competition – Abstracts. Pécs, Magyarország, 2019. február 14-15. Abstract Book pp 245.

MARIANNA KOCSIS, **ALEXANDRA BODÓ**, LILLA RADVÁNYI, PÉTER TESZLÁK, DÁVID U. NAGY, ÁGNES FARKAS: Environmental impacts on bioactivity of grape and honey. FARMACEUTICKY OBZOR 151/08 p. 180

ALEXANDRA BODÓ, ÁGNES FARKAS, DÁVID U. NAGY, RITA CSEPREGI, TAMÁS KŐSZEGI, MARIANNA KOCSIS: Botanical origin and antioxidant activity of uni- and multifloral Hungarian honeys. 6th Edition of International Conference on Pharmacognosy and Medicinal Plants, Amsterdam, Hollandia, 2018. április 16-17. Abstract Book: page 71.

ALEXANDRA BODÓ, ÁGNES FARKAS, DÁVID U. NAGY, MARIANNA KOCSIS: Total Polyphenolic Content and Antioxidant Activity of rape (*Brassica napus* L.) and ramson (*Allium ursinum* L.) honeys. 9th Conference on Medicinal and Aromatic Plants of Southeast European Countries 9th CMAPSEEC, Plovdiv, Bulgária, 2016. május 26-29. Abstract Book: PP95.

9.2. Egyéb, a dolgozatban fel nem használt közlemények

ALEXANDRA BODÓ, KRISTÓF CSEPREGI, BRIGITTA ÉVA SZATA, DÁVI, U. NAGY, GÁBOR JAKAB, MARIANNA KOCSIS: Bioactivity of Leaves, Skins and Seeds of Berry Color Variant Grapevines (*Vitis vinifera* L.). *Research and Reviews: Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* **2017** 5:1,16-22.

10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném hálámat és köszönetemet kifejezni témavezetőimnek, Dr. Farkas Ágnesnek és Dr. Kocsis Mariannának a dolgozatom témájának felvetéséért, az iránymutatásért, a rengeteg közös laboratóriumi és terepi munkaórákért, és az elmúlt években kapott mérhetetlen segítségért és türelemért. Külön köszönöm nekik a folyamatos biztatást és azt, hogy szakmai területeken kívül is mindig számíthattam rájuk.

Köszönettel tartozom Dr. Morschhauser Tamásnak és Dr. Rudolf Kingának a közös terepi munkáért, a medvehagyma növényeink és talajmintáink begyűjtéséért és a talajvizsgálatok megszervezéséért.

Hálás vagyok Dr. Kőszegi Tamásnak, aki lehetővé tette számomra, hogy a Szentágothai Kutató Központban végezhessem az antioxidáns kapacitás méréseim nagy részét, illetve a szakmai iránymutatásért, amit tőle kaptam.

Külön köszönet illeti Dr. Csepregi Ritát, a Szentágothai Kutató Központ munkatársát, Dr. Bencsik Tímeát, Wirthné Gyergyák Kingát, Dr. Filep Ritát, a PTE ÁOK Farmakognózia Tanszék munkatársait, egyben egykori PhD társaimat a laboratóriumi vizsgálatokban való rengeteg segítségért.

Köszönettel tartozom Dr. Nagy Dávidnak, aki a statisztikai elemzésekben nyújtott felbecsülhetetlen segítséget.

Köszönöm Lauferné Kajdi Mártának és Gausz Saroltának, a PTE Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet munkatársainak a mézmintáim makro- és mikroelem tartalmának vizsgálatát.

Köszönettel tartozom Szüleimnek, akiknek a támogatása, szeretete, sokszor nyaggatása segített a céljaim elérésében és az álmaim megvalósításában.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm Férjemnek és Kislányunknak, hogy segítettek, biztattak, és köszönöm kitartásukat, amivel a gyakori hiányomat viselték.

MELLÉKLET – ANYAGOK JEGYZÉKE

Folin-Ciocalteu reagens – Merck KGaA

Fukszin-glicerín-zselatin – Merck KGaA, Darmstadt, Németország

Galluszsav – Fluka Chemie AG, Buchs, Svájc

Na₂CO₃ – Merck KGaA

Nagy tisztaságú, makro- és mikroelemeket tartalmazó standard oldat – HPS, RK Tech Kft, Budapest, Magyarország

Szervetlen referencia standardok - BDH Prolabo Chemicals, VWR International Kft., Debrecen, Magyarország

MELLÉKLET – ESZKÖZÖK ÉS MŰSZEREK JEGYZÉKE

Áramlási befecskendezéses analizátor – FIAstar 5000, FOSS GmbH, Hamburg, Németország

Elektromos vezetőképesség mérő műszer – Orion 5-Star

Eppendorf centrifuga – 5810 R, Eppendorf Vertrieb, Hamburg, Németország

Fénymikroszkóp – Motic BA310, Electromed Kft., Budapest, Magyarország

Induktív csatolású plazma atomemissziós spektrométer – ICPE-9000, Shimadzu, Kyoto, Japán

Induktív csatolású plazma optikai spektrométer – JY ULTIMA 2 ICP-OES, Horiba, Longjumeau, Franciaország

Kézi refraktométer – ATAGO N-50E

Melegítőlap – Medite OTS 40, Tiba Kft., Győr, Magyarország

Mikrohullámú feltáró rendszer – Multiwave 3000, Anton Paar GmbH, Graz, Ausztria

Plate 96 lyukú – Sarstedt AG&Co. Kg, Nümbrecht, Németország

Plate 96 lyukú – Perkin Elmer, Waltham, MA, USA

Plate reader – Perkin Elmer EnSpire Multimode-reader, Waltham, MA, USA

Plate reader – Biotek Synergy HT

Spektrofotométer – UV-1800 Shimadzu, Shimadzu Schweiz GmbH, Reinach, Svájc

Szűrőpapír – Agilent Technologies, Milánó, Olaszország