

Doktori (PhD) értekezés
Soproni Egyetem
Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola
Erdei ökoszisztémák ökológiája és az erdőgazdálkodás biológiai alapjai program

**AGRÁRERDÉSZETI TERÜLETEK VIZSGÁLATA MÉH-BIOMONITORING
ALKALMAZÁSÁVAL**

Készítette: DOMINKÓ EMESE
okleveles környezetmérnök

Témavezetők:

Dr. Rétfalvi Tamás
egyetemi docens

Dr. Kovács Zoltán
tudományos főmunkatárs

Sopron
2025

NYILATKOZAT

Alulírott DOMINKÓ EMESE, jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a(z) **Agrárerdészeti területek vizsgálata méh-biomonitoring alkalmazásával** című PhD értekezésem önálló munkám, az értekezés készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény szabályait, valamint a Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola által előírt, a doktori értekezés készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében.¹

Kijelentem továbbá, hogy az értekezés készítése során az önálló kutatómunka kitétel tekintetében témavezetőmet, illetve a programvezetőt nem tévesztettem meg.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy az értekezést nem magam készítettem, vagy az értekezéssel kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Soproni Egyetem megtagadja az értekezés befogadását.

Az értekezés befogadásának megtagadása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Sopron, 2025. 10. 31

.....
DOMINKÓ EMESE
doktorjelölt

¹ 1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1) A mű részletét – az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven – a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti.
36. § (1) Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára – a cél által indokolt terjedelemben – szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást – a szerző nevével együtt – fel kell tüntetni, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.

Tartalomjegyzék

KIVONAT	6
ABSTRACT	7
1. CÉLKITŰZÉSEK	8
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	10
2.1. AGRÁRERDÉSZETI RENDSZEREK	10
2.2. A BIOMONITORING ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI	13
2.3. A KAPTÁRTERMÉKEK JELLEMZÉSE	15
2.4. A POLLENANALÍZIS	16
2.5. MÉZANALÍZIS.....	21
2.6. A MÉZ ILLÉKONY SZERVES ÖSSZETEVŐI.....	23
3. VIZSGÁLATI ANYAG ÉS MÓDSZER	26
3.1. A KUTATÁSI TERÜLETEK BEMUTATÁSA	26
3.2. A FELHASZNÁLT MINTÁK SZÁRMAZÁSA.....	38
3.3. ANALITIKAI VIZSGÁLATOK.....	39
3.3.1 <i>Melisszopalinológiai analízis</i>	39
3.3.2 <i>A mézminták fiziko-kémiai paramétereinek a meghatározása</i>	42
3.3.3 <i>A mézminták kromatográfiás vizsgálata</i>	44
3.3.4 <i>A mézminták elemtartalmának meghatározása</i>	44
3.3.5 <i>Alkalmazott statisztikai módszerek</i>	45
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	46
4.1. A HARKAI ÉS A BAJNAI AGRÁRERDÉSZETI TERÜLETEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA A POLLEN-ÉS MÉZMINTÁK ALAPJÁN.....	46
4.1.1 <i>A harkai és a bajnai minták összehasonlítása a pollenminták alapján</i>	47
4.1.2 <i>A harkai és a bajnai minták összehasonlítása a mézminták alapján</i>	52
4.2. A VIZSGÁLT AGRÁRERDÉSZETI TERÜLETEKRŐL SZÁRMAZÓ AKÁC-ÉS REPCEMÉZEK ÉRTÉKELÉSE	60
4.2.1 <i>A vizsgált akác-és repce mézminták pollen és VOC összetevőinek értékelése</i>	61
4.2.2 <i>A vizsgált agrárerdészeti területekről származó akác- és repceméz minták értékelése a pollenanalízis alapján</i>	72
4.2.3 <i>A vizsgált agrárerdészeti területekről származó akác- és repceméz minták értékelése a VOC vegyületek alapján</i>	76
4.3. AKÁC-, REPCÉ- ÉS VEGYESMÉZ MINTÁK FIZIKO-KÉMIAI ÉS POLLENANALÍZIS ALAPJÁN TÖRTÉNŐ ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA	80
4.4. A KÖRMENDI AGRÁRERDÉSZETI TERÜLETEKRŐL SZÁRMAZÓ AKÁCMÉZ POLLENÖSSZETÉTELÉNEK HOSSZÚTÁVÚ VIZSGÁLATA	90
5. ÖSSZEFOGLALÁS, TÉZISEK	95
6. JÖVŐBELI TERVEK, JAVASLATOK	98
7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	99
8. IRODALOMJEGYZÉK	100
ÁBRAJEGYZÉK	118
TÁBLÁZATJEGYZÉK	119
MELLÉKLETEK	120

Kivonat

Agrárerdészeti területek vizsgálata méh-biomonitoring alkalmazásával

A disszertáció az agrárerdészeti rendszerekben tartott méhcsaládok által előállított kaptártermékek vizsgálatán keresztül értékeli a vizsgált területek biodiverzitását, a klímaváltozás okozta hatások megjelenését, az ezzel összefüggésben előállított mézek minőségét.

A méhek által gyűjtött pollencsomók és a mézből kivont pollenből végzett pollenanalízis segítségével hasonlítja össze a méhek növényválasztási preferenciáit kettő különböző agrárerdészeti területen. Megállapítja, hogy az agrárerdészeti környezet változatosabb és stabilabb táplálékforrást kínál a méhek számára, így hozzájárul a beporzók egészségéhez és a méztermelés fenntarthatóságához. A szélsőséges, aszályos években a fásszárú növényzet biztosítja a szükséges pollen- és nektár forrást a beporzók számára.

A mézből történő pollenanalízis, valamint az illékony összetevők gázkromatográfiás vizsgálatával a gazdaságilag jelentős magyarországi fajtamézek (akác- és repceméz) standardizálását követően az agrárerdészeti területekről származó repce- és akác mézminták elemzése megerősíti, hogy pollen- és VOC-profilok Fuzzy klaszteranalízisének összehasonlító értékelése során a kontrollcsoportokból származó fajtamézek (akác és repce) eltérő viselkedést mutatnak a két jellemző alapján. Míg a pollenanalízis alapján valamennyi kontroll méz minta konzisztensen a saját botanikai eredetének megfelelő kategóriájába sorolható (akác vagy repce), addig a VOC-analízis eredményei alapján az agrárerdészeti területekről származó akácmézek szintén az akác kategóriába kerülnek, ugyanakkor öt agrárerdészeti rendszerből származó repceméz minta is az akácmézek klaszterébe sorolható be.

Az agrárerdészeti eredetű mézek kémiai heterogenitása egyrészt lehetővé teszi, hogy bizonyos komponenseik révén részleges hasonlóságot mutassanak a domináns monoflorális méztípusok illóanyag-profiljaival, másrészt pedig önálló, egyedi illékony vegyületmintázattal is rendelkezhetnek.

A nagyüzemi mézminták minőségellenőrzése és csoportosítása részeként a minták fizikokémiai paramétereinek multianalitikai megközelítése során megállapítást nyert, hogy az akácméz fajtaminták csak a pollenösszetétel alapján történő besorolása a jelenlegi uniós irányelv alapján a túl szigorúnak tekinthető, és a repce- illetve akácméz megkülönböztetését érdemes kiterjeszteni más jellegzetes indikátorokra is, mint például a Student-féle t-értékekre, amelyek a fruktóz/glükóz arányhoz, a glükóztartalomhoz, a vezetőképességhez, a savtartalomhoz és a magnéziumtartalomhoz kapcsolódnak.

A mikroszkópos pollenanalízis alkalmazásával egy adott agrárerdészeti területről származó akácméz minták 20 éves időtávlatban történő monitorozása feltárta, hogy az akác virágzásakor a mezőgazdasági területeken termesztett *Fabaceae* fajok, mint a bíborhere és a takarmányborsó a méhek számára vonzó pollenforrást jelentenek, ezért pollenjeik az akácmézben megjelennek.

Abstract

Assessment of agroforestry areas using bee biomonitoring

Through the examination of hive products produced by bee colonies in agroforestry systems, the dissertation evaluates the biodiversity of the studied areas, the emergence of impacts caused by climate change, and the quality of honey produced in this context.

By means of pollen analysis of pollen loads collected by bees and pollen extracted from honey, it compares the plant preferences of bees in two different agroforestry areas. It establishes that the agroforestry environment offers a more diverse and stable food source for bees, thus contributing to the health of pollinators and the sustainability of honey production. In extreme, dry years, woody vegetation provides the necessary pollen and nectar source for pollinators.

Following the standardisation of economically significant Hungarian monofloral honeys (acacia and rapeseed) through pollen analysis of honey and gas chromatographic analysis of volatile compounds, the analysis of honey samples collected after the flowering of rapeseed and acacia from agroforestry areas confirms that during the comparative evaluation of the Fuzzy cluster analysis of pollen and VOC profiles, the monofloral honeys (acacia and rapeseed) from the control groups show different behaviours based on the two characteristics. While based on pollen analysis, all control honey samples can be consistently classified into their own botanical origin category (acacia or rapeseed), based on the results of the VOC analysis, the acacia honeys from the agroforestry areas also fall into the acacia category, yet five rapeseed honey samples from agroforestry systems can also be classified into the acacia honey cluster.

The chemical heterogeneity of honeys from agroforestry sources, on the one hand, allows them to show partial similarity to the volatile compound profiles of dominant monofloral honey types through certain components, and on the other hand, they can also have their own unique volatile compound patterns.

As part of the quality control and classification of large-scale honey samples, the multi-analytical approach to the physicochemical parameters of the samples established that the classification of acacia honey samples based solely on pollen composition under the current EU directive can be considered too strict, and the distinction between rapeseed and acacia honey should be extended to other characteristic indicators, such as Student's t-values, which are related to the fructose/glucose ratio, glucose content, conductivity, acid content, and magnesium content.

The monitoring of acacia honey samples from a specific agroforestry area over a 20-year period using microscopic pollen analysis revealed that during the acacia bloom, Fabaceae species cultivated in agricultural areas, such as crimson clover and field pea, represent an attractive pollen source for bees, and therefore their pollens appear in the acacia honey.

1. Célkitűzések

Világviszonylatban egyre nagyobb jelentőségre tesznek szert az agrárerdészeti rendszerek, mint a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás és a klímaváltozás negatív hatásainak mérséklését szolgáló eszközök. Az ilyen rendszerek lényege, hogy fás szárú növényeket és mezőgazdasági haszonnövényeket vagy állatokat térben és időben egyidejűleg integráltan tartanak. Ennek köszönhetően az agrárerdészeti rendszerek számos ökoszisztéma-szolgáltatást nyújtanak, beleértve a talajvízgazdálkodás javítását, a talajerózió csökkentését, a szénmegkötést és a biológiai sokféleség növelését. E rendszerek strukturális heterogenitása, így a mikroélőhelyeinek a sokfélesége kedvező körülményeket biztosít a különböző növény- és állatfajok fennmaradásához, amely által pedig magasabb biodiverzitást eredményez. A biológiai sokféleség pedig kulcsszerepet játszik a különböző ökoszisztémák rezilienciájában is, hiszen ellenállóbbá teszi a területeket mind a klimatikus, mind az antropogén eredetű változásokkal szemben.

Ez utóbbinak köszönhetően változatosabb és stabilabb nektár- és pollenforrást biztosítanak, amely különösen fontos a beporzók szempontjából, hiszen ellenállóbbá teszi ezen rovarokat az egyedi növényfajok virágzási idejét érintő időjárási anomáliákkal szemben. Az agrárerdészeti rendszerek végső soron hozzájárulnak a méhcsaládok egészségének a megőrzéséhez és a méztermelés stabilitásához.

A biodiverzitás vizsgálatának egyik innovatív és egyre szélesebb körben alkalmazott módszere a méh-biomonitoring, amely a méhcsaládok által gyűjtött kaptártermékek – elsősorban a pollen, a méz, a propolisz és a viasz – elemzésén alapul. A háziméhek (*Apis mellifera*) különösen alkalmasak bioindikátor szerepre, mivel egész évben a vizsgálati területen élnek, és gyűjtési tevékenységük során 3–5 km-es sugarú körben reprezentatív mintát vesznek a környezeti elemekből. Ez a sajátosság lehetővé teszi, hogy alacsony költségek mellett széles térbeli lefedettségű, integrált információt nyerjünk egy adott terület ökológiai állapotáról, szemben a pontszerű mérések korlátozott érvényességével. A pollencsomók és mézminták mikroszkópos pollenanalízise révén részletes adatok nyerhetők a vegetáció fajösszetételéről, a növényfajok jelenlétéről, virágzásuk időbeli dinamikájáról, valamint akár védett, akár inváziós növényfajok előfordulásáról is. Ennek révén a méhek nem csupán az agrárerdészeti ökoszisztémák funkcionális szereplői, hanem kulcsfontosságú eszközei a biodiverzitás nyomon követésének.

Napjainkban komoly kihívásokkal néz szembe a méhészet és ezzel együtt a méztermelés, ugyanis a klímaváltozás drasztikus hatással van a flórára és a faunára és így a méhek életére is. Az extrém időjárási jelenségek világszinten közvetlenül befolyásolják a nektár- és pollenhozamot. Magyarországon is egyre gyakrabban fordulnak elő hosszabb, aszályos időszakok, enyhe téli hőmérsékletek (amelyek korai rügyfakadást eredményeznek), majd ezt követő késő tavaszi fagyok. Különösen érzékeny a tavaszi fagyokra az akác, mint hazánk legfontosabb fajtaméz forrása, ami jelentős termés kiesést okozhat. A repceméz termelése is instabillá válhat a csapadékhiány miatt. Ezen változások egyaránt módosíthatják a fajtamézek mennyiségét, minőségét és összetételét, kihívások elé állítva a méz eredetiségének ellenőrzését.

Vizsgálataink átfogó célja, hogy a különböző fajtamézek, valamint a méhek által gyűjtött pollencsomók komplex analízisével hozzájáruljunk a méhészetben felmerülő, mind ökológiai, mind gazdasági problémák megválaszolásához. Ennek részeként a növényi eredet azonosítására, a környezeti tényezők hatásainak felmérésére, szélesebb kontextusban a klímaváltozás- és az agrárerdészeti rendszerek hatásainak vizsgálatára koncentráltunk.

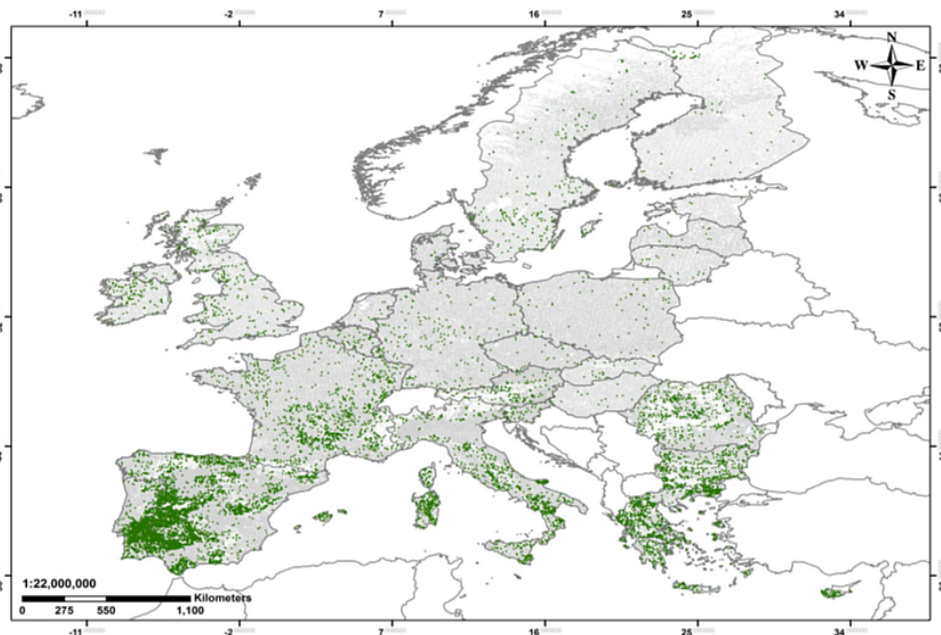
E témakörben végzett kutatásaink megkezdésekor a következő feladatok végrehajtását tűztük ki:

1. Az egyik célkitűzésünk, hogy mikroszkópos pollenanalízis alkalmazásával összehasonlítsuk a méhek növényválasztási preferenciáit különböző agrárerdészeti területeken. Ehhez két agrárerdészeti területről (Harka, Bajna) 2022-ben és 2023-ban gyűjtött pollencsomók és fajtamézek pollenösszetételének vizsgálatát terveztük. Figyelmet fordítunk annak megállapítására, hogy a pollencsomók és a mézek növényválasztása között mutatkozik-e átfedés, vagy eltérő növényfajokat részesítenek-e előnyben a méhek a nektár és a pollen gyűjtésére. Emellett célom még meghatározni, hogy a pollencsomók, vagy a mézek mutatnak-e nagyobb fajgazdagságot a pollenspektrum tekintetében, amely információval szolgálhat a méhek által kihasznált „nichek” szélességéről és a változó környezeti feltételekhez való alkalmazkodóképességükről.
2. A második célkitűzés a mézből történő pollenanalízis, valamint az illékony összetevők (VOC) gázkromatográfiás vizsgálatával a gazdaságilag jelentős magyarországi fajtamézek (akác- és repceméz) standardizálása, valamint az agrárerdészeti területekről származó minták jellemzése. Ennek érdekében egy referencia-adatbázis létrehozását tervezem akác- és repcemézmintákra alapozva, amely alapján különböző agrárerdészeti területekről származó repce- és akácméz minták értékelését fogom végrehajtani.
3. A harmadik fő célkitűzésem a nagyüzemi mézminták minőségellenőrzése és csoportosítása multianalitikai megközelítéssel. Az elmúlt évtizedekben a repce és az akác virágzási időszakai megváltoztak és közelebb kerülhetnek egymáshoz (SZABÓ ET AL., 2016.; PULLENS ET AL., 2019). Célom, hogy megállapítsam azokat a potenciális mézjellemzőket (fiziko-kémiai, elemtartalom, melisszopalinológia), amelyek leginkább meghatározzák a különbségeket az akác- és repcemézek között, hiszen a jelenlegi jogszabályi gyakorlat (FAO/WHO Codex Alimentarius, EU Méz Irányelv (2001/110/EK) véleményem szerint hátrányos lehet mind a termelő, mind a fogyasztó számára, mivel a pollen alapú megkülönböztetés nem mindig tükrözi hűen a valóságot, különösen az alulreprezentált pollenszámmal rendelkező fajok esetén.
4. A negyedik fő célkitűzésem a mikroszkópos pollenanalízis alkalmazásával egy adott terület biodiverzitásának hosszú távú monitorozása 20 éves időtávlatban. A cél annak feltárása, hogy a különböző évek mintái mennyire térnek el pollenösszetételükben, és a pollenanalízis segítségével nyomon követhető-e egy adott ökoszisztéma növényzetének, illetve a termesztett növénykultúrák változása.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Agrárerdészeti rendszerek

Az agrárerdészet, vagy agroerdészet olyan földhasználati rendszert jelent, ahol a különböző mezőgazdasági ágazatok kombinációja fás évelőkkel és/vagy állatokkal egyszerre valósul meg egy adott helyen (NAIR, 1993; LEAKEY, 1996; MOSQUERA-LOSADA ET AL., 2016; BOROVICS ET AL., 2017). Maga a fogalom tehát lényegesen bővebb annál, mintsem egy meghatározott kultúra (pl. energetikai faültetvények létesítése mezőgazdasági földterületen) művelésére szűkítsük le ezt a komplex gazdálkodási formát. Az agrárerdészeti rendszerek Magyarországon mély történelmi gyökerekkel rendelkeznek, és a modernizáció előtt a tájhasználat szerves részét képezték. Ide tartozott a pásztorok tudásán alapuló, állattartást és erdőt ötvöző fás legelő és makkoltatás, a folyószabályozások következtében megszűnt, komplex ártéri gazdálkodás, valamint a 20. századi, mérnöki szemléletű mezővédő erdősáv-program. E hagyományos, multifunkcionális rendszerek eltűnése és a központosított tájátalakítások tapasztalatai napjainkban kulcsfontosságúak a klímaváltozáshoz alkalmazkodó, fenntartható mezőgazdaság kialakításában (BÉRCES ET AL., 2022). Napjainkban Magyarországon az agrárerdészet még kevésbé ismert és elterjedt, világszerte évszázadok óta alkalmazott gyakorlat (VITYI ET AL., 2015). Napjainkban bár egyre nagyobb az érdeklődés az agrárerdészeti rendszerek iránt, ennek ellenére visszafogott az ezen típusú gazdálkodás terjedése. Európai viszonylatban nehéz megbízható adatokat találni az agrárerdészeti területek kiterjedéséről, de egy közelmúltbeli kutatás becslései alapján (1. ábra) 10,6 millió hektáron folyik agrárerdészeti gazdálkodás a kontinensen (DEN HERDER ET AL., 2015). A tudatosan összekapcsolt gazdálkodás célja az interakciókon alapuló ökológiai és gazdasági előnyök kiaknázása. Az ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezetének (FAO) tanulmánya szerint a fák és cserjék tudatos integrálása a mezőgazdasági termelési rendszerekbe hozzájárulhat a veszélyeztetett mezőgazdaság éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásához, annak negatív hatásainak enyhítéséhez és az élelmezésbiztonsághoz, amelyek a fenntartható fejlődés céljai közé tartoznak (KOOHAFKAN, 2011; SANTORO ET AL., 2020).



1. ábra: Agrárerdészeti rendszerek Európában (Forrás: Current extent and trends of agroforestry in the EU27. Deliverable 1.2: AGFORWARD (613520) (DEN HERDER ET AL., 2015)

Az agrárerdészeti rendszerek típusuk szerint számos csoportba sorolhatóak. Ide tartoznak a növényi védősávok (pl. part menti és mezővédő erdősávok, sövények), a fás legelők, a legeltetett erdők, a haszonnövény természetével kombinált erdők, faültetvények, a fasorokkal kombinált köztestermesztéses rendszerek, a fás ligetek, az erdőkertek, az egyéb települési zöld infrastruktúra elemek (pl. köztéri gyümölcsösök, fákkal kombinált konyhakertek) és a javított ugar (NAIR, 1985; NAIR, 1991; BAYALA ET AL., 2011; AERTSENS ET AL., 2013; GRAVES ET AL., 2017). Ezek a gazdálkodási rendszerek gazdasági, társadalmi és környezeti előnyökkel járhatnak a hagyományos gazdálkodáshoz képest. A szántóföldi művelés szempontjából a fák védelmet nyújtanak a mezőgazdasági növények és állatok számára, árnyékot biztosítanak a nap ellen, óvják az esőtől, a jégesőtől és a széltől. Az erdészet szempontjából pedig olyan fafajok is felhasználhatók a rendszerben, amelyeknek erdészeti jelentősége ugyan kisebb, de egyéb értéket képviselnek (pl. gyümölcsfák). Környezetvédelmi szempontból kiemelendő az agrárerdészetek víz- és talajvédelmi funkciója, valamint a szén-megkötési képessége (MUTEGI ET AL., 2008; NAIR, 2011; LAL ÉS STEWART, 2012; PARDON ET AL., 2017; ZHANG ET AL., 2018; DHALIWAL ET AL., 2018; BAZRGAR ET AL., 2020). E tényezők jelentős szerepet játszanak az éghajlatváltozás negatív hatásainak csökkentésében (VIGNOLA ET AL., 2015; MARTINEAU ET AL., 2016). A fák jelenléte javítja a mikroklima-tényezőket; a mérsékelt sugárzás és a magasabb relatív páratartalom csökkenti a légköri aszály mértékét (ELAGIB ÉS AL-SAIDI, 2020). Fontos szerepet játszanak a légköri szén-dioxid megkötésében (a szén elsősorban az éves gyökérforgás révén halmozódik fel a talajban), ezáltal pedig a globális felmelegedés elleni küzdelemben. Megkötik továbbá az atmoszférában lévő káros anyagokat, így segítenek a levegőszennyezés csökkentésében. Nem elhanyagolható szempont a vegyes gyümölcs-zöltségkultúra létrehozásánál az sem, hogy ezek az ültetvények tájképi esztétikai szempontból is kedvezőbb látványt nyújtanak, mint a hagyományos nagyüzemi mezőgazdasági területek (YADAV ET AL., 2019; SZABÓ ÉS KOPONICSNÉ GYÖRKE, 2021).

Számos kutatás igazolja az agrárerdészeti rendszerek biodiverzitás-növelő hatását (BOREK, 2015; UDAWATTA ET AL., 2019; UDAWATTA ET AL., 2021). Statisztikai analízissel 53 tudományos tanulmány eredményét összevetve megállapítható, hogy az agrárerdészeti rendszerek több fajjal és előnyösebb ökoszisztéma szolgáltatásokkal (talajvédelem, beporzás, tápanyagciklus) rendelkeznek, mint a konvencionális mezőgazdasági és erdőgazdálkodási rendszerek (TORRALBA ET AL., 2016). Ezt megerősíti a 2023-ban indult új EU-s agrártámogatási rendszer is, amelyben több tagállam (köztük Magyarország) is külön támogatja agrárerdészeti rendszerek telepítését és fenntartását, elismerve azok biodiverzitás növelő értékét.

Az agrárerdészet legnagyobb biodiverzitás növelő hatása leginkább a mediterrán és a pannon régióban mutatkozik, így hazánkban is jelentős potenciált jelentenek a fajgazdagság megőrzésében (GASHU ET AL., 2025).

Az agrárerdészeti rendszerek társadalmi-gazdasági hatása is jelentős, hiszen munkahelyteremtéssel és alternatív jövedelemszerzési lehetőségekkel hozzájárulhat a vidéki népesség helyben tartásához (JOSE, 2009; VAN NOORDWIJK, 2019). Továbbá ökológiai (tájképmozaik, biodiverzitás) és méhészeti jelentősége is kiemelkedő. Megfelelően kiválasztott különböző fa- és cserjefajokkal (és fajtákkal, vagy változatokkal) jelentősen meghosszabbítható a beporzó rovarok természetes táplálkozási ciklusa, mivel folyamatos pollen- és nektárforrást biztosít. Árutermelő méhészet esetében a termelt méz javítja az agrárerdészeti rendszer gazdaságosságát (POTTS ET AL., 2010; BENTRUP ET AL., 2019; VARAH ET AL., 2020; CROWTHER ÉS GILBERT, 2020).

Hazánkban közel egymillió hektár hátrányos helyzetű terület található, ahol a hagyományos szántóföldi termelés nem jövedelmező, viszont az agro-erdészeti rendszerek kialakításával versenyképessé és fenntarthatóvá tehető [URL1]. A kiterjedt és ökológiai

gazdálkodást folytató gazdálkodók, valamint a méhészek mutatják a legnagyobb érdeklődést az agroerdészeti rendszerek iránt, de - külföldi példákat látva - a közeljövőben a magán erdőgazdálkodók (ültetvényes sorok művelése) megnövekedett érdeklődésére is számíthatunk (HONFY, 2023). Az agroerdészeti rendszerek nagy élőkommunitás-igényük miatt jelentős szerepet játszhatnak a helyi önkormányzatok számára a közfoglalkoztatás területén, a kutatás pedig fontos információkat szolgáltat a döntéshozók és az igazgatás számára. Az agroerdészeti rendszerekben alkalmazott méhészet pedig viszonylag könnyen beilleszthető az ökológiai méhészetbe (NASARE ET AL., 2024).

Az ökológiai méhészeteknek a betegségek megelőzésére kell helyezniük a hangsúlyt, olyan módszerekkel, amelyek növelik a méhek ellenállóképességét és segítenek megelőzni a fertőzéseket. Jó példák erre a méhanyák tervszerű cseréje, a kaptárak rendszeres vizsgálata, az eszközök és felszerelések fertőtlenítése, a fertőzött anyagok megsemmisítése, a lépek cseréje, valamint elegendő pollen- és mézkészlet biztosítása.

Az agrárerdészet vizsgálata tájleptéktű megközelítést igényel, mivel ökológiai és gazdasági jelentősége messze túlmutat az egyes parcellák határain. Egy táj akkor tekinthető agrárerdészeti karakterűnek, ha a fás növényzet és a mezőgazdasági tevékenységek (növénytermesztés, illetve állattartás) mozaikos elrendezése olyan strukturális heterogenitást eredményez, amely a táj meghatározó jellegét adja (DEN HERDER ET AL., 2017; MOSQUERA-LOSADA ET AL., 2018). Az ilyen rendszerekre magas szerkezeti és fajdiverzitás, multifunkcionális területhasználat, valamint gazdag ökoszisztéma-szolgáltatás-kínálat jellemző.

Európában számos kiemelkedő példát találunk e táj típusra. Az Ibériai-félsziget dehesa (spanyol) és montado (portugál) rendszerei (~3,1 millió ha) esetében a tölgyfajok (*Quercus ilex*, *Quercus suber*) állományai legeltetéssel kombinálódnak (MORENO ÉS PULIDO, 2009; PINTO-CORREIA ET AL., 2011). Közép-Európában a Streuobst rendszerek (~1 millió ha 11 országban) képviselnek jelentős példát, ahol magastörzsű gyümölcsfák alatt rét- vagy szántóföldi gazdálkodás zajlik (HERZOG, 1998; PLIENINGER, 2012). Észak-Európában a fás legelők és sövényrendszerek hasonló funkcionális szerepet töltenek be. Ezek a tájak a biodiverzitás megőrzésének kiemelt területei, úgynevezett High Nature Value (HNV) gazdálkodási rendszerek, amelyek nagy természeti értéket képviselnek (DEN HERDER ET AL., 2017).

A biodiverzitás, vagyis a biológiai sokféleség, kulcsfontosságú tényező a Föld ökológiai egyensúlyának fenntartásában (CHU ÉS KARR, 2017). A fajok, a gének és az ökoszisztémák változatossága alapvető feltétele a természetes rendszerek stabilitásának, az élelmiszertermelés fenntarthatóságának, valamint az ún. ökoszisztéma-szolgáltatások – mint a beporzás, víztisztítás, vízkörforgás, talajképződés és a talaj termékenysége – zavartalan működésének (BHAGWAT, 2019). Emellett a biodiverzitás fontos forrása a gyógyászati anyagoknak, és jelentős szerepet tölt be a kulturális és spirituális értékrendszerekben is. A biológiai sokféleség magas foka növeli az ökoszisztémák ellenálló képességét a külső hatásokkal – például a klímaváltozással vagy a kórokozók terjedésével – szemben. Ezzel szemben a biodiverzitás csökkenése az ökológiai rendszerek összeomlásához, valamint az emberi jólétet és gazdaságokat érintő negatív következményekhez vezethet. A fajok eltűnésének és az élő rendszerek hanyatlásának fő hajtóerői közé tartozik az élőhelyek pusztulása, az erőforrások túlzott kiaknázása, a környezetszennyezés, a globális klímaváltozás, valamint az invazív fajok elterjedése, amelyek mind hozzájárulnak a természetes egyensúly felborulásához (NORTON, 1988; DUDGEON ET AL., 2006; VERMA ÉS PRAKASH, 2018; WEISKOPF ET AL., 2022).

A biodiverzitás növekedése nemcsak a természetvédelem szempontjából fontos, hanem közvetlen gazdasági előnyökkel is jár. Az erdősávokban és fasorokban átmeneti vagy állandó pihenőhelyet kereső állatfajok némelyike ugyanis mezőgazdasági kártevőket

fogyaszt. Egy megfelelően strukturált, fás biotóp pedig vonzó fészkelő-, pihenő- és táplálkozó helyet kínál a vándormadarak számára. A talaj mikroflóra és fauna diverzitásának növekedése, valamint a talajélet intenzitásának fokozódása a terméseredményeken is megmutatkozik. Fontos továbbá, hogy a fenntartható mezőgazdaságnak magába kell foglalnia az erőforrások sikeres kezelését annak érdekében, hogy megfeleljen a változó emberi szükségleteknek, miközben fenntartja, sőt javítja a környezet minőségét (GURR ET AL., 2003; BULLOCK ET AL., 2007; FORBES ET AL., 2022).

A biológiai sokféleség hagyományosan terepi adatgyűjtéssel, fajszámlálással, kvadrát mintavételekkel határozható meg. Ezek a konvencionális módszerek azonban jelentős idő- és munkaigénnyel bírnak, továbbá hátrányuk még, hogy számos terület nehezen közelíthető meg, így gyakran a valós helyzet helyett csak egy részleges képet tárnak elénk (CHEN ET AL., 2023).

Az utóbbi évtizedekben a technológiai fejlődésnek köszönhetően számos forradalmian új módszer jelent meg a biodiverzitás feltérképezése kapcsán. A műholdakkal történő távérzékelés lehetőséget ad nagy területek vegetációjának és élőhelyeinek a felmérésére. A jó minőségű, nagy felbontású felvételek az élőhelyek változásának nyomon követését, valamint a földhasználat felderítését is lehetővé teszik (NASA, Landsat). A LIDAR és multispektrális szenzorok alkalmazása pedig már 3D képet ad az erdők szerkezetéről és a lombkorona magasságáról is. Valamint az egyre szélesebb körben elérhető drónok és a mesterséges intelligenciával történő fajazonosítás is jelentősen hozzájárul az ökoszisztéma vizsgálatokhoz, gyorsabbá és hatékonyabbá téve azt (BERGEN ET AL. 2009; GUO ET AL., 2017).

Az úgynevezett környezeti DNS (eDNA) elemzés alkalmazásával egyidejűleg akár teljes élőhelyközösségeket is azonosíthatunk a mintákból (víz, talaj, levegő). Mivel nagyon érzékeny módszer, emiatt kimutathatóak olyan fajok is a DNS alapján, amelyek hagyományos módszerekkel rejtve maradnak, így veszélyeztetett, vagy inváziós fajok korai jelzésére is alkalmas (BARNES ÉS TURNER 2016; DEINER ET AL., 2017; SAHU ET AL., 2023).

A környezeti biodiverzitás mérésének egyik új hatékony módszere a pollen DNS-metabarkódolás. Milla és munkatársai 2022-ben kimutatták, hogy a házi méhek által gyűjtött pollen DNS-elemzése több virágos növénytaxont mutatott ki (74 taxon) ugyanazon a területen, mint a hagyományos botanikai felmérés (44 taxon). Ugyanakkor megállapították azt is, hogy a két módszer együtt ad teljes képet, mivel a hagyományos felvételezés feltárt olyan fajokat is, amelyeket a méhek nem gyűjtenek, valamint a méhek gyűjtöttek pollent olyan növényekről is, amelyek ritkaságuk, vagy elhelyezkedésük miatt rejtve maradtak.

Összességében elmondható, hogy globális szinten a hagyományos terepi biodiverzitás értékelő módszereket egyre inkább kiegészítik vagy kiváltják a távérzékelésen, genetikai elemzésen és automatizált érzékelésen alapuló technikák (KERRY ET AL., 2022).

2.2. A biomonitoring alkalmazásának lehetőségei

A környezet valós idejű megfigyelése, felmérése és monitorozása számos biotikus és abiotikus indikátor alkalmazásával valósítható meg. A telepített mérőállomásokon túl egyre szélesebb körben alkalmaznak, úgynevezett bioindikátorokon alapuló biomonitoringot. A bioindikátorok segítségével határozható meg a változások minősége, míg a biomonitorok a környezet minőségének mennyiségi információinak megszerzésére szolgálnak. A biológiai szervezetekkel történő monitorozás magába foglalja a múltban bekövetkezett terhelésekre adott válaszok hatásainak adatait is (NOSS, 1990).

A biomonitoring a környezet egészségének, illetve a változások nyomon követésének egy olyan módszere, amely élő szervezetek, vagy azok közösségeinek vizsgálatán alapul. Megfigyelhetjük a különböző biológiai folyamatok, illetve rendszerek egészségi állapotát,

térbeli változásait, meghatározhatjuk az emberi eredetű stresszorok és intézkedések hatásait (PANDEY ÉS VERMA, 2004; HOSMANI, 2013).

Az élőlények ugyanis érzékenyen reagálnak a környezeti változásokra, akár kémiai, fizikai, vagy biológiai hatásokról legyen szó. A biomonitoring során különböző élőlényeket használunk fel indikátorként, amelyek lehetnek mikroorganizmusok (baktériumok, gombák, algák), gerinctelen állatok (rovarok, csigák, férgek), gerinces állatok (halak, madarak, kételtűek) és növények (fák, cserjék, fűfélék) (DOKULIL, 2003; GIROTTI ET AL., 2008; WU ET AL., 2017; WARNASURIYA ET AL., 2023). A vizsgált élőlények alapján megkülönböztetünk szárazföldi, vízi, vagy akár levegő biomonitoring programokat is. Ugyanakkor fontos megemlíteni, hogy a biomonitoring eredményeinek értelmezéséhez nem elég csak az élőlények vizsgálata, hanem szükséges a környezeti tényezők, mint például a vízminőség, a klíma vagy a földrajzi adottságok figyelembevétele is (OKWUOSA ET AL., 2019; DHIMAN ÉS PANT, 2021.; CHOWDHURY ET AL., 2023).

A bioindikátorok használatának egyik fő célja, hogy a környezeti változások összetettségét empirikusan nyert információ egységekre redukáljuk, amelyek tájékoztatást nyújthatnak a jövőbeli környezetgazdálkodási és természetvédelmi erőfeszítésekhez (HEINK ÉS KOWARIK, 2010).

Mivel egy ökoszisztémán belül lehetetlen minden faj nyomon követése, ezért a sikeres vizsgálat érdekében olyan bioindikátort (olyan faj, amely előreláthatólag, definiáltan reagál a minőségi változásokra) és bioakkumulátort (olyan faj, mely felhalmozza a szennyező komponenseket) kell alkalmazni, amely reális képet ad a környezeten belüli tendenciák kiértékelésére.

Az egyes bioindikátorok és általuk végzett biomonitoring előnye, hogy nem csupán az egyes vegyi anyagok jelenlétét mutatják ki, hanem integrálják azok biológiai hatásait is. A biológiai válaszok gyakran hamarabb jelentkeznek, mint a fizikai- vagy kémiai változások, így lehetőséget adnak a korai beavatkozásra, valamint költséghatékonyabb megoldást jelentenek a hagyományos monitoring technikákhoz képest (JUBERG ET AL., 2008).

Nehézsége viszont abban rejlik, hogy a jelzések hatékony felismeréséhez és értelmezéséhez interdiszciplináris együttműködésre van szükség.

A méh-biomonitoring egy újszerű és interdiszciplináris megközelítése a természetvédelemnek, amelyben a beporzók tevékenységét felhasználva kaphatunk képet a környezet állapotáról (MCGEOGH, 1998; NEGRI ET AL., 2015; ROBERTS ET AL., 2018). Alapvetően két csoportját különböztethetjük meg a méh biomonitoringnak; egyik a méhcsaládok életjelenségeivel összefüggő paraméterek (aktivitás, mortalitás, hőmérséklet, páratartalom stb.) valós idejű (real-time) megfigyelése és vizsgálata, másrészt a méhek által gyűjtött különböző anyagok (nektár, propolisz, virágpor stb.) vizsgálatán alapuló [URL3].

A mézelő méh (*Apis mellifera*) az élővilág nélkülözhetetlen alappillére, a tápláléklánc szerves része, más rokon fajokkal együtt a haszonnövények beporzásának csaknem 70%-át köszönhetjük nekik (KLATT ET AL., 2013). Kanadában beporzási szolgáltatásaik értékét évi 5,5 milliárd dollárra becsülik (CHMIEL ET AL., 2020). A mézelő méh az államalkotó rovarok közé tartozik, így egy család 10 000-80 000 egyedből is állhat időszakról függően.

További fontos tulajdonságuk, hogy egész évben a vizsgálati területen élnek és az adott család csak meghatározott területről (3-5 km sugarú kör) gyűjti be, kellő diverzitás mellett a túléléshez és a fejlődéshez szükséges anyagokat. Így ezek a kaptártermékek, mint a környező táj lenyomatai értékes ökológiai információkkal szolgálnak (DUPONT ET AL., 2025).

A méhek számos különböző környezeti feltételhez képesek alkalmazkodni, beleértve a városi területeket is (BALDOCK, 2020). Mivel a dolgozók nem tudják megkülönböztetni a tiszta virágport és nektárt a vegyszerekkel szennyezettétől, ezért akaratlanul is felhalmozzák gyűjtésük során, majd a kaptárba visszatérve viaszsejtekbe zárják, későbbi fogyasztásra (KESSLER ET AL., 2015). Valamint tápálékszerzés közben a méhek érintkezésbe kerülnek a

növényeken kívül más környezeti elemekkel is (levegő, víz, talaj), így számos szennyeződés és kórokozó tapad meg a testükön (SILICI ET AL., 2016). Ebből adódóan a környezetükből gyűjtött anyagok mindegyike tartalmazhat szennyezőanyagot. A méhek széleskörű táplálékszerzési preferenciái és hosszú gyűjtési idő akár egy éves peszticid felhasználás kimutatására is lehetőséget biztosít a kaptártermékekben (SHIMSHONI ET AL., 2019). E tématerületen jelentős tapasztalat halmozódott fel az elmúlt évtizedben a Soproni Egyetemen a Greenbee Kutatócsoport tevékenysége révén.

A méhek, különösen a házi méh (*Apis mellifera*) azon kívül, hogy fontos beporzók kiválóan alkalmazhatóak a biodiverzitás monitorozására is. Miközben pollent- és nektárt gyűjtenek, több ezer virágot látogatnak meg 2-5 km-es körzetben nap mint nap. A méhek által összegyűjtött pollencsomók pedig rengeteg információt hordoznak a környék flórájáról. A méhek gyakorlatilag természetes drónként működve gyűjtőtevékenységük révén bejárják a tájat és természetes mintavételezőként integrálják a táj botanikai sokféleségét.

A mézben található pollenfajok sokfélesége a kaptár körüli növényvilágot tükrözi, hiszen a méhek, mint polilektikus fajok (általános gyűjtők) számos növényt látogatnak. Bár egy méhcsalád akár több mint 100 féle növényről is gyűjthet pollent, általában 14-15 domináns pollentípus jellemző, mivel a méhek előnyben részesítik a tömegesen virágzó fajokat (RIGGI ET AL., 2024; DUPONT ET AL., 2025).

A méh-alapú monitorozás nemzetközi szinten is egyre nagyobb jelentőséggel bír. Legnagyobb előnye a többi módszerrel szemben, hogy passzív és költséghatékony, hiszen a méhek maguktól begyűjtik a mintákat, a kutatóknak pedig „csak” elemezni kell azokat.

Városi- és ipari környezetben is egyre szélesebb körben alkalmaznak méh-alapú biomonitoring programokat [URL2]. Párizsban és Londonban kaptárakat helyeztek ki a városi biodiverzitás és a levegőminőség kutatására, ipari területeken a szennyeződések, természetvédelmi területeken pedig a növényvilág változatosságának nyomon követésére.

Hazánkban is történtek már kezdeményezések a méhek biomonitoring célú alkalmazására, de hivatalosan még nem integrálták a méh alapú biodiverzitás monitorozást a természetvédelmi programokba. Pedig Magyarországon erős a méhészeti ágazat, sok a méhcsalád, amely potenciális országos szinte kiterjeszhető „élő szenzorhálózatot” jelenthetne. Rózséné dr. Büki Etelka 2024-es tanulmányában bemutatta, hogy egy adott terület növényfaj-összetételéről és az évek közötti változásról részletes képet kaphatunk a méhcsaládok által gyűjtött pollencsomók analízisével. A háziméhekkel végzett biomonitoring hátránya abban mutatkozhat meg, hogy csak a vegetációs időszakban biztosít mintát, valamint főként a virágport szolgáltató növényekre fókuszál, így térbeli és időbeli reprezentativitása korlátozott [URL3].

2.3. A kaptártermékek jellemzése

A kaptártermékek olyan komplex biológiai vegyületek, amelyek specifikus funkciókat töltenek be a mézelő méhek (*Apis mellifera*) életében.

A viaszt a dolgozó méhek a potrohukon lévő viaszmirigyekkel választják ki, majd pelyhek formájában a lépekbe építik, amely a méz, a méhkenyér tárolására, valamint a fiasítás nevelésére szolgál. Főként zsírsavakból és hosszú szénláncú alkoholokból álló lipidanyag, mely kémiaiilag stabil, vízlepergető tulajdonságokkal rendelkezik. Az emberi felhasználásban különböző bőrápoló szerek, kozmetikumok, gyertyák és élelmiszeripari bevonatok (pl. sajt) készítésére használják (SVEČNJAK ET AL., 2019, LEDJANAC ET AL., 2024).

A virágpor egy hím gametofiton, amely tartalmazza a növények hímvarsejtjét. A méhek hátsó lábaik segítségével szállítják a kaptárba, mivel számukra ez az elsődleges fehérjeforrás, így nélkülözhetetlen a fejlődésükhöz és a fiasítás táplálásához. A pollen gazdag még aminosavakban, vitaminokban, ásványi anyagokban és antioxidánsokban. A

pollen makro- és mikrotápanyagainak összetétele a különböző növényfajok között jelentősen eltér. A sokféle növény virágporát tartalmazó változatos étrend előnyösebb a méhcsaládok szempontjából, mivel többféle tápanyagot biztosít, mint az egy faj virágporára alapozott étrend. Az emberi táplálkozásban is előszeretettel alkalmazzák energiát adó, immunerősítő és étrend-kiegészítőként (THAKUR ÉS NANDA, 2020; GHOUZI ET AL., 2023; QIAO ET AL., 2024).

A méhkenyér, vagy perga a méhek által gyűjtött a lépek sejtjeiben tárolt, tejsavas erjedésen átesett pollen, melyhez a méhek nektárt, mézet és a saját nyálukban lévő enzimeiket keverik hozzá. A fermentálásnak köszönhetően jobban hasznosul a méhek szervezetében, hiszen könnyebben emészthető, valamint tartós, így a méhcsalád számára hosszabb időn át biztosítja a tápanyagellátást (ĆIRIĆ ET AL., 2022; NAHYA ET AL., 2024).

A Codex Alimentarius (Európai Élelmiszerkönyv) a mézet a méhek által különböző növények nektárjából, a növények élő részeinek váladékaiból, vagy növényi nedvet szívó rovarok váladékaiból előállított természetes édes anyagként határozza meg. Az EU előírása szerint a méz csak akkor tekinthető méznek, ha az *Apis mellifera* méh faj egyedei készítik. Ehhez a méhek az összegyűjtött alapanyagot az emésztőrendszerükben feldolgozzák, saját anyagaik hozzáadásával átalakítják, raktározzák, dehidratálják, majd viaszlépekben érlelik (BEKIĆ ÉS JOVANOVIĆ, 2015). A méz nagyon értékes termék, amely vitaminokat, mikroelemeket, ásványi anyagokat, fehérjéket, enzimeket és szénhidrátokat tartalmaz (CZIPIA ÉS KOVÁCS, 2014.; PAULIUC, ET AL., 2022). Évezredek óta a méz az egyik legértékesebb élelmiszer (BODÓ ET AL., 2021, CHIRSANOVA ET AL., 2021) (BOGDANOV, 1997) antibakteriális hatása miatt a gyógyászatban is felhasználják (MADEJCZYK ÉS BARAŁKIEWICZ, 2008).

A propolisz egy ragacsos, gyantaszerű anyag, amelyet a méhek a fák rügyeiről, kérgéről és egyéb növényi forrásokról gyűjtenek, majd viasszal és enzimekkel kevernek össze. Nagyon változatos a kémiai összetétele, mintegy 200-300 vegyület keveréke. Többek között gyantákat, balzsamokat, viaszokat, illóolajokat, kémiai komponenseket tekintve terpéneket, aromás aldehideket és alkoholokat, aminosavakat, zsírsavakat és egyéb karbonsavakat, szénhidrogéneket, vitaminokat, ásványi anyagokat, enzimeket és polifenolos vegyületeket (flavonoidokat, fenolsavakat és észtereiket) tartalmaz. A méhek a kaptár réseinek tömítésére és fertőtlenítésre használják. A komplex összetételnek köszönhetően antibakteriális, vírusellenes, gombaellenes és gyulladáscsökkentő tulajdonságokkal rendelkezik (SFORCIN, 2007).

2.4. A pollenanalízis

A növények pollenképződése a szaporodásuk elengedhetetlen része. Különösen a szélbeporzású fajok hatalmas mennyiségű pollent termelnek a rossz beporzási hatékonyság ellensúlyozására és a megtermékenyülés biztosítására (DAMIALIS ET AL., 2011).

Egy adott növényfaj virágzatának a pollentermelését a genetikán túl a környezeti tényezők is befolyásolják. Ez a megállapítás az ökológiai és mezőgazdasági gyakorlat szempontjából is kiemelkedően fontos.

A különböző növényfajok pollentermelése széles tartományban mozoghat. Míg a réti here (*Trifolium pratense*) portokja 220, addig a vadalma (*Malus sylvestris*) portokja 5000 virágporszemet tartalmaz. Az elsődleges szélmegporzású növények közül a nyitvatermő lucfenyő (*Picea abies*) és a feketefenyő (*Pinus nigra*) 1-2 millió virágporszemet képes termelni egyetlen porzós virágzatában. A szélmegporzású, zárvatermő növények közül, a barkás virágzattal rendelkező fák közül az éger (*Alnus glutinosa*) 4 500 000, a szőrös nyír pedig 6 000 000 virágporszemet termel egyetlen porzós virágzatában.

A virágok színnel, illattal, formával, tápláló virágporszemmel, nektárral és még számos különlegességgel csalogatják a megporzó rovarokat. A rovarmegporzású növények általában

kevesebb pollent termelnek, a porzók rövidebbek és gyakran nem egyforma hosszúak. A virágporszemek ragadósak, díszes felületűek, csomókban összetapadnak, illatosak. A méhek általában a friss illatú sárga és kék virágokat kedvelik (JÁRAINÉ KOMLÓDI, 1988).

A növények pollenképződésére számos biotikus és abiotikus tényező hatással van, rendkívül érzékeny a környezeti változásokra (ROGERS ET AL., 2006). Ezért napjaink egyik legnagyobb problémája, az éghajlatváltozás drámai hatást gyakorol a növények szaporodási folyamatainak (virágzásnak) az időzítésére (FITTER ÉS FITTER, 2002). Root és munkatársai 2003-ban kiadott tanulmányában bemutatja, hogy az 1950-es évektől az északi-mérsékelt övi zónákban a tavaszi fenológia évtizedenként 5 nappal előrébb került. Ez a változás legjobban a tavaszi szélbeporzású fák esetén figyelhető meg, mivel ezeknél a fajoknál a szaporodási fejlődés és a rügyfakadás erősen hőmérséklet érzékeny. A fentebb ismertetett okok miatt a különböző fajok monitorozása lehetőséget nyújt a helyi- és globális környezeti változások nyomon követésére és értékelésére, valamint információval szolgálhat a múltbeli növényzetről (ROGERS, 1993; CLOT, 2003).

A pollentermeléssel ellentétben a méret-szamarány és pollenmorfológia faj és egyeden belüli változatosságának jelentőségét ritkán vizsgálják. Egyes kutatások azt feltételezik, hogy a pollenszemcse mérete és alakja befolyásolja a kiszáradáshoz vezető időt, növelve ezzel a sikeres beporzás valószínűségét.

A mikroszkópos pollenanalízis (palinológia) viszonylag fiatal, ugyanakkor széleskörben alkalmazható vizsgálati módszer, amely rendkívül sokrétű alkalmazási lehetőséget kínál és számos tudományágban hasznos eszközként bizonyul. Sikeressége alapvetően abban rejlik, hogy a különböző növények által termelt pollenek fajspecifikusak, sajátos morfológiai jellemzőkkel rendelkeznek, rendkívül ellenállóak, nagy mennyiségben termelődnek, valamint hosszú időn át megőrződnek. A szél segítségével szétszóródnak, így nagy területek növényzetéről adnak képet.

A botanikusok a növényrendszertanban több évszázad alatt, fokozatosan ismerték fel a pollenek jelentőségét, így a pollenanalízis gyökerei egészen a 19. századig nyúlnak vissza, azonban első jelentős alkalmazása csak a 20. század elejére tehető. A pollenanalízist önálló tudományággá Lennart von Post svéd botanikus fejlesztette 1916-ban, aki ezzel lehetővé tette a múltbeli növényzet változásainak rekonstrukcióját (BIRKS ÉS BERGLUND, 2018).

A tudományterületnek kezdetben elsősorban a jégkorszakok klímafluktuációinak megismerésében, a növényzeti változások detektálásában és a fajok posztglaciális vándorlási útvonalainak feltérképezésében volt döntő szerepe, ugyanakkor jelentőséggel bírt a korai természetű növények felderítésében és az ezzel együtt járó tájtalakító termelő gazdálkodás rekonstrukciójában.

Az elmúlt évszázadban a pollenanalízis jelentős fejlődésen ment keresztül. Az 1940-es években kifejlesztett radiokarbonos kormeghatározás megjelenése lehetővé tette, hogy a pollenadatokat pontosabb kronológiába helyezték (IVERSEN, 1953; BIRKS ÉS BERGLUND, 2018).

A palinológia az 1950-es évektől számít multidiszciplináris tudománynak. Napjainkban már nemcsak a mikroszkópos pollenanalízis tartozik ide, hanem a pollen DNS-barcoding (genetikai azonosítás) a sporopollenin kémiai elemzése (kemotaxonómia), illetve a gépi tanulmányos képfelismerés is (SMART ET AL., 2017).

A számítógépek megjelenésével és elterjedésével felgyorsult a pollenadatok elemzése, mivel a statisztikai módszerek és a számítógépes programok lehetőséget nyújtanak bonyolult pollendiagramok elkészítéséhez és elemzéséhez.

A pollenanalízis időigényes, fáradságos és nagy szakértelmet igénylő munka. A standard mérések legalább 300-500 pollenszemcse osztályozását igénylik minden egyes preparátumból. További számolást igényel, ha a preparátumot néhány taxon dominálja, vagy ha a ritka szemcsék koncentrációjának numerikus becslése szükséges (DULLER ET AL., 2000).

A pollenanalízis több célra használható (STEPHEN, 2014), egyrészt a fajta-, illetve vegyes virágmézek meghatározásának fontos paramétere, amely elsősorban gazdasági célt szolgál. Másrészt ökológiai szempontból a mézben található pollen jellemzi a nektárforrást, ettől elkülönül a táplálkozási célból begyűjtött pollenösszetétel vizsgálata.

A méznek, mint terméknek a pollenösszetétele alapján számos típusa különíthető el. Ez alapján megkülönböztetünk mono- vagy poliflorás virágmézet, mézharmat mézet.

A melisszopalinológia a pollenanalízis egy speciális területe, amely alapvetően a kaptártermékekben található pollenszemcsék vizsgálatával foglalkozik. A méz mikroszkópos vizsgálata a 19. század végétől napjainkig jelentős fejlődésen ment keresztül. A napjainkban is elterjedt módszert a Nemzetközi Méhészeti Botanikai Bizottság (ICBB) dolgozta ki és tette közzé Louveaux és munkatársai 1978-ban bemutatott eljárása alapján (VON DER OHE ET AL., 2004; CELEMLI ÉS SORKUN, 2018).

A mézminták pollenösszetételének meghatározásához a 20. század elejétől alkalmazott standard módszer szerint a mézet meleg desztillált vízben feloldják, majd centrifugálják, amelynek köszönhetően a pollenszemek leülepednek a kémcső aljára. Az így nyert üledékből történik a pollenek mikroszkópikus beazonosítása. A modern módszertanban egyre inkább alkalmaznak úgynevezett pollen-visszanyerést maximalizáló eljárásokat: például a mintát nem vízzel, hanem etil-alkohollal hígítják (ami csökkenti a sűrűséget, így a pollen könnyebben leülepszik), vagy finom pórusú szűrőn szűrik át a hígított mézet. Az előbb említett technikák előnye, hogy igazoltan elkerülhető a pollenvesztés, de hátrányként a szűrők eltömődése és a hosszabb munkaidő hátráltathatja a folyamatot (VAUGHN, 2018).

A pollenanalízishez különböző mikroszkópos preparátumkészítési technikák állnak rendelkezésünkre. A módszer kiválasztása a kutatási céltól függ, gyakran kombinálják vagy tudatosan választanak a részletes morfológia és egyéb mikroszkópos információk megőrzése között. Készíthetünk nem tartós preparátumot, amely elsősorban a friss pollen azonnali vizsgálatára alkalmas, életképes citoplazmát tartalmaz és gyorsan elkészíthető. A hosszú távú tároláshoz és ismételt elemzéshez elengedhetetlen a tartós pollenpreparátumok készítése. Miután az előkezelés során kinyert pollenszemcsék megszáradtak a tárgylemezen, felmelegített folyékony glicerinzselével vonják be. Ez a beágyazó közeg lehüléskor megszilárdul, és korlátlan ideig megőrzi az adott minta pollentartalmát. Alkalmazható még egy erőteljes kémiai kezelés az úgynevezett acetolízis, amely eltávolítja a nem pollen eredetű anyagokat, kiemelve a pollen külső falának részleteit. Méz esetében azonban nagyon ritka ennek a módszernek az alkalmazása (MARGAOAN ET AL., 2023).

Több kvantitatív vizsgálati módszer is rendelkezésre áll a méz pollentartalmának felmérésére. Az orientációs szűrés során a méz összes pollenformáját azonosítják, áttekintő képpel kísérve a virágdiverzitás bemutatására. Az úgynevezett félkvantitatív vezérpollen analízis a domináns pollenformákat százalékosan sorolja fel, így 500 pollenszem számlálásával segít a fő virágforrások azonosításában. A teljes analízis pedig 1000 pollenszem számlálásával részletes százalékos adatokat biztosít (MSZ 6950-3).

A növényfajok pontos azonosításához elengedhetetlenek a pollenatlaszok, mint referenciák használata. Ehhez segítséget nyújtanak a pollenhatározó könyvek (SAWYER, 1981; SAWYER, 1988; EL-LABBAN, 2020; ADAMS, 2021) és atlaszok, valamint a saját magunk által készített laboratóriumi összehasonlító gyűjtemények az ismert növények pollenmintáiból. A modern atlaszok, mint a PollenAtlas.net, nagy felbontású mikroszkópos képeket és részletes leírásokat tartalmaznak, valamint interaktív keresést és letölthető anyagokat kínálnak [URL4, URL5, URL6].

A méz mikroszkópos elemzése a minőség-ellenőrzés szempontjából nagy jelentőséggel bír. Egy adott méz származásának környezetéről hasznos információkat kapunk a benne található számos pollenszem (főleg a méhek által látogatott növényfajokról)

és a különböző mézharmatelemek (viaszcsövek, algák, gombaspórák stb.) beazonosításával. Ezért a pollenanalízis nagy horderejű a méz földrajzi származásának és botanikai eredetének meghatározásában (RUSSMANN, 1998). A mikroszkópos elemzés további adatokat nyújt a méz bármilyen szennyeződéséről fiasítással, porral, korommal stb., az élesztőtartalomról (erjedés) és más, a mézben általában nem jelen lévő mikroszkopikus részecskékről (LOUVEAUX ET AL., 1978). Továbbá bizonyos hamisítási eljárások, mint a méz nádcukorral, savval, hidrolizált nádcukor sziruppal vagy méhekkal etetett cukorból nyert "mézzel" történő hamisításának kimutatásáról (KERKVLiet ET AL., 1995).

Számos nemzetközi jelentés következetesen rávilágít a mézhamisítás széles körű elterjedtségére és ezzel párhuzamosan a pollenanalízis elvégzésének szükségességére. Az USP adatbázisa szerint a méz a harmadik leggyakrabban hamisított élelmiszer.

A Food Safety News 2011-es jelentése szerint az amerikai boltokban árusított mézek 76%-ából eltávolították az összes pollent, a drogériákban és adagolt csomagolásban 100%-ban, nagyáruházakban 77%-ban. Ezzel szemben a termelői, szövetkezeti és természetes boltokból származó mézek megtartották eredeti pollentartalmukat (SCHNEIDER, 2011).

A hamisítás jelentőségét alátámasztja továbbá a közös Europol-INTERPOL kezdeményezésre született OPSON X művelet is, amely az EU-ban a vizsgált mézek 7%-át (51 000 kg-ot) nem megfelelő terméknek minősítette 2020-2021-ben. Az EU „From the Hives” című tanulmánya szerint 320 mézminta jelentős része, 46%-a volt gyanús, és nem felelt meg az EU mézre vonatkozó irányelveinek. A probléma globális méretét tükrözi továbbá, hogy Kanadában 2019-ben a 244 vizsgált mézminta 22%-a, míg Indiában az összes mézminta hamisítottnak bizonyult (OROIAN ET AL., 2023).

A mézhamisítás leggyakoribb formái közé tartozik az olcsó édesítőszeres – például különféle szirupok – hozzáadása, valamint a termék botanikai vagy földrajzi eredetének megtévesztő feltüntetése (LOUVEAUX ET AL., 1978; LUKÁCS, 1997). A pollenanalízis e gyakorlatok felderítésében kulcsszerepet játszik, mivel megbízható információt nyújt a méz növényi és földrajzi eredetéről.

A mézre vonatkozóan nemzetközi és európai szabályozás (FAO/WHO Codex Alimentarius, EU Méz Irányelv (2001/110/EK) egyaránt tartalmaz előírásokat. Mivel a pollen a méz természetes alkotója, így nem limitálják a pollentartalmat, ugyanakkor szigorú kritériumokat határoznak meg az úgynevezett monoflorás fajtamézek esetében. Általánosságban elmondható, hogy a méz pollentartalmának jelentős részét (jellemzően legalább 40-45%-át) a domináns méhlegelő pollenjének kell kitennie. Ugyanakkor mivel az egyes növények pollen- és nektártermelése eltérő, ezért a szakirodalmak különbséget tesznek alulreprezentált (akác, kávé, stb), normál reprezentált (herefélék) és túlreprezentált pollenszemmel rendelkező növények (pl.: repce) között. Ennek megfelelően eltérő minimális arányokat követelnek meg, akácméz esetében Olaszországban 15% akácpollen már elegendő, míg Németországban 20% az elfogadott, ugyanakkor repceméz esetében 70% fölötti ez az érték.

Az akácméz bár gazdaságilag rendkívül jelentős fajtaméz, pollenanalízise nagy kihívást jelent. Számos tanulmány alátámasztja, hogy az akácméz pollenanalízise alapvető, gyakran mégsem elegendő önmagában a fajtajelleg és a földrajzi eredet pontos meghatározásához. Akácmézek esetében a pollenanalízist érdemes kiegészíteni más fizikai-kémiai elemzésekkel és statisztikai módszerekkel, amelyek együttesen adnak átfogó képet a mézről, és segítenek a hamisítás felderítésében, valamint a termék hitelességének biztosításában (URŠULIN-TRSTENJAK ET AL., 2017; MA ET AL., 2019; POSPIECH ET AL., 2021; MATKOVITS ET AL., 2023; DOMINKÓ ET AL., 2024).

A *Robinia* pollen aránya változó, általában kísérő pollenként van jelen. A mézben megtalálhatók a tavaszi és dombvidéki növények pollenjei is, míg a nektár nélküli fajok

pollenjének magas aránya jellemző. Ez a pollenminta jól tükrözi a termőterület jellegzetességeit.

Az Emilia-Romagna régió akácmézeiben az akác pollen alacsony mennyiségben (kevesebb mint 20 000 pollenszem/10g) és változó arányban (16-45%) fordul elő, miközben a méz pollen spektrumában folyamatosan jelen vannak a régióra jellemző tavaszi és dombvidéki növények, például fekete bodza, fűz, sóska, veresgyűrű som és körte. A szelídgesztenye, virágos kőris, baltacím és tölgy pollenjei is megtalálhatók, jelezve a földrajzi eredetet. A fagyöngy pollen alkalmi jelenléte kelet-európai eredetre utalhat, segítve a méz pontos eredet meghatározását [URL7].

Egy horvát tanulmány 200 akácméz mintát vizsgált, és bár a fizikai-kémiai paraméterekben nem találtak jelentős eltérést, statisztikai elemzések regionális különbségeket mutattak. Az isztriai mézek magasabb *Robinia pseudoacacia* L. pollen tartalommal, több redukáló cukorral, szabad savval, diasztázzal és elektromos vezetőképességgel rendelkeztek. Ez a kombinált elemzés segíti az akácméz földrajzi eredetének meghatározását (URŠULIN-TRSTENJAK ET AL., 2017).

Közép-Európában az akác- mellett a repceméz, mint fajtaméz rendelkezik kiemelt gazdasági jelentőséggel. Az akácmézzel ellentétben a repceméze jellemző, hogy pollenben gazdag.

Egy 2003–2005 között végzett vizsgálatban a lengyel Sandomierska-fennsík méhészeiből származó 26 repcemézmintát elemeztek, melyekben a *Brassica napus* pollen aránya 47,6–94,3% között változott. A másodlagos pollenek közé a nektárt és pollent egyaránt adó *Brassicaceae* (egyéb), *Prunus* típus, *Trifolium repens* és *Anthriscus* tartoztak, míg a nektármentes fajok közül a *Poaceae* és a *Quercus* volt a leggyakoribb, melyek a méhek gyűjtési területének vegetációját tükrözi (STAWIARZ, 2008).

Továbbá az ugyanezen területről származó 73 vegyes virágmézminta elemzése is kiemelte a *Brassicaceae* fajok (beleértve a *Brassica napus*-t) mint a fő nektárforrások egyikét a régióban. Ez a példa jól alátámasztja a repce dominanciáját a méz pollenprofiljában egy adott régióban (STAWIARZ ÉS WRÓBLEWSKA, 2010).

A gyűjtő méhek nem emésztik meg a pollent, így a tápértékét csak a kaptárban élő méhek tapasztalhatják meg. Rocio Lajad és Andrés Arenas 2024-es kutatásukban amygdalinnal (lenyelés után rosszuléletet okozó anyaggal) kezelték a (*Diplotaxis tenuifolia*) növények pollenjeit. Kísérletek során kiderült, hogy a méhek nem kerülnek el a kezelt pollent a gyűjtés helyén, viszont később elutasítják azt, ha korábban a kaptárban már találkoztak vele. A természetes körülmények között végzett megfigyelések szerint az ilyen tapasztalat hatására változatosabb pollenforrásokat keresnek. Az eredmények azt mutatják, hogy a méhek pollenválasztását a kaptáron belüli, utólagos élmények is befolyásolják.

A pollencsomók esetében alapvetően két fő technika alkalmazható a pollenanalízisre történő preparátum előkészítéséhez. Az egyik technika a pollencsomók szín szerinti válogatásán alapul, mivel a mézelő méhek egy adott gyűjtőtűt során csak egy fajra koncentrálnak, ezért minden egyes pollencsomó főként egy növényfajt képvisel (TOPITZHOFER ET AL., 2021). A másik esetben a különböző színű, vegyes pollencsomókat együttesen használjuk fel. A mintaelőkészítés a méz előkészítéséhez hasonló eljárással történik. A pollenmintát 70%-os etanol hozzáadását követően feloldjuk, majd centrifugáljuk, dekantáljuk ezt követően pedig desztillált víz: glicerinnel oldattal visszaoldjuk. Az újabb centrifugálást követően a meghatározás a mézhez hasonló módon az üledékből történik (BARTH ET AL., 2010).

A pollenanalízis egyik ismérve, hogy a mintákhoz jelentős mennyiségi- és minőségi információt tartalmazó adatbázis keletkezik. A primer adatok feldolgozása az egyszerűbb statisztikai módszerekkel nem végezhető el. A kvantitatív kemometriai módszerek, például a főkomponens-analízis (PCA) integrálása a hagyományos kvalitatív és félkvalitatív

mézanalitikai eljárásokban jelentősen növeli a vizsgálatok pontosságát, és hozzájárul a botanikai eredet komplexebb, részletesebb és objektívebb feltárásához. Az ilyen statisztikai eszközök alkalmazása megbízhatóbb jellemzést tesz lehetővé a különböző mézfajták közötti finomabb eltérések azonosításában (SABO ET AL., 2011; DOBRE ET AL., 2012; DI BELLA ET AL., 2015; BODÓ ET AL., 2021; MURESAN ET AL., 2022; GAMRAT ET AL., 2022; TARAPOULOUZI ET AL., 2023; ALBU ET AL., 2025).

Továbbá a pollenmintákban található sok, egymással összefüggő pollentípus és azok aránya közötti komplex ökológiai kölcsönhatások feltárásában is segítséget nyújt. A PCA az eredeti, korrelált adatok dimenzióját csökkentve azonosítja a mögöttes mintázatokat és látens ökológiai összefüggéseket, amelyek egyváltozós statisztikai módszerekkel nem lennének kimutathatóak (PONNUCHAMY ET AL., 2014).

2.5. Mézanalízis

A virágeredetű mézek alapanyagát képező nektár a növényi háncsnedvből származik, és több mint 30 féle cukrot tartalmaz. A nagyrészt szacharózt tartalmazó nektár a plazmodezmákon keresztül, sejtről sejtre haladva a graduális szövetben az adott növényfajra jellemző monoszacharidokká alakul, majd a nektármirigyek felszínére kerül, ahonnan a méhek begyűjtik. A nektártermelést számos tényező befolyásolja. Az örökletes tulajdonságok kiemelten fontosak: a poliploid növények, mint például a zsálya vagy a dohány, gyakran több nektárt termelnek, mint diploid megfelelőik (MAURIZIO, 1958). A virág aktuális fejlettségi állapota is döntő, mivel a kezdeti fázisban a nektár mennyisége és cukorkoncentrációja jellemzően magasabb (NICOLSON ÉS THORNBURG, 2007; NICOLSON, 2022). Egyes virágok morfológiája – például a mélyen elhelyezkedő nektáriumok – hozzájárulhat ahhoz, hogy a nektár kevésbé száradjon be, lehetővé téve a folyamatos gyűjtést. A növényfajon kívül a környezeti tényezők is jelentősen befolyásolják a nektár mennyiségét és minőségét, ideértve a talaj minőségét, nedvességtartalmát, a hőmérsékletet, a szélviszonyokat, valamint a köd és az eső jelenlétét.

A méz makroszkopikus összetételét nagyrészt a virágos növények fajspecifikus jellemzői határozzák meg, ami a mézfajták összetételének jelentős eltéréseiben tükröződik (KÜCÜK ET AL., 2007; BODOR ET AL., 2021). A tématerülettel foglalkozó tudományos közlemények rávilágítanak arra, hogy a különböző fajtamézek közötti eltérések feltárása érdekében a melisszopalinológiai analízisen túl (HERRERO ET AL., 2002) számos fizikai-kémiai módszert is általánosan alkalmaznak (BOGDANOV ET AL., 2004; CASTRO-VÁZQUEZ ET AL., 2009; JUAN-BORRÁS ET AL., 2014; CZIPA ÉS KOVÁCS, 2014; BODÓ ET AL., 2020; BODOR ET AL., 2021). Az elemi összetevők változását a termőterület botanikai és talaj tulajdonságainak változékonysága is befolyásolja (FERNÁNDEZ-TORRES ET AL., 2005; DI BELLA ET AL., 2015; BILANDŽIĆ ET AL., 2019; SAJTOS ET AL., 2019), ezért szükséges a különböző típusú méztermékek földrajzi eredetének pontosítása és azonosítása is.

A különböző mézek összetétele a botanikai eredettől és földrajzi származástól függően változik. A méz elsősorban vízből és cukrokból áll, szárazanyagtartalmának 95-99%-át a fruktóz és a glükóz teszi ki és több, mint 300 bioaktív anyagot tartalmaz (AJIBOLA, 2015).

A főbb cukrok mellett egyéb szénhidrátok is kimutathatóak belőle, ilyen a maltóz, a szacharóz, a maltulóz, az izomaltóz, a turanóz, a laminaribióz, a nigróz, a kojibióz, a gentiobióz és az oligoszacharidok (AHMED ET AL., 2018). A mézben jelenlévő cukrok felelnek a viszkozitásért, a higroszkóposágért és a szemcsézettségért.

A monoszacharidok koncentrációja és egymáshoz viszonyított aránya fajtaspecifikus tulajdonság. A Magyar Élelmiszerkönyv előírásai szerint a virágmézeknek minimum 60g/100g fruktózt és glükózt kell tartalmazniuk, míg az édesharmatmézeknek legalább 45g/100g-ot. A legtöbb méz esetében a maximális szacharóztartalmat pedig 5g/100g-ban

határozza meg a szabványt, kivételt jelentenek az akác, a lucerna, a baltavirág, a hócserje, az eukaliptusz és a citrusfélék mézei a 10g/100g szacharóztartalommal, míg a levendula- és borágómézeknél akár 15g/100g is lehet.

A különböző fajtamézek fruktóz/glükóz aránya számos kutatás részét képezi, mivel a glükóz gyorsan kristályosodik, míg a fruktóz nehezen. A hazánkban is előforduló méztípusok közül az akác- és a gesztenyeméz rendelkezik nagyon magas fruktóztartalommal, aminek köszönhetően évekig folyékonyak maradnak. Velük ellentétben a repceméz a magasabb glükóztartalma miatt nagyon hamar kikristályosodik (URŠULIN-TRSTENJAK ET AL., 2014).

Amennyiben az előírtól magasabb a szacharóz koncentráció a mézmintákban, az általában hamisítással magyarázható. Azonban előfordulhat az is, hogy a méhek a nagy mennyiségű hordás miatt kevesebb enzimet adnak a nektárhoz, nem szánnak elég időt a méz érlelésére, így a szacharóz lassabban bomlik le, emiatt az értéke magasabb lesz a megengedettnél (LAMPEITL ÉS FRANZ, 1997).

A mézben a főbb alkotóelemek mellett számos minor komponens is megtalálható, többek között alkaloidák, flavonoidok/izoflavonok, glikozidok, fenolok, peptidek/fehérjék, bizonyos enzimek (invertáz, amiláz és glükóz-oxidáz), karotinoid-szerű anyagok, szerves savak, Maillard-reakció termékek, vitaminok és ásványi anyagok (MANYI-LOH ET AL., 2011; MANNINA ET AL., 2015).

További fontos méz fizikai paraméter az elektromos vezetőképesség. A vezetőképesség mérésével lehet következtetni a mézek növényi eredetére, mivel ez a tulajdonság kapcsolatban van az ásványi sókkal, a szerves savakkal és a fehérjékkel (ODDO ÉS BOGDANOV, 2004). A Magyar élelmiszerkönyv előírásai alapján a mézek elektromos vezetőképesség értéke maximum 0,8 ms/cm lehet. Kivételt jelentenek a gesztenye és mézharmat mézek, ugyanis esetükben minimum 0,8 mS/cm-nek kell lennie ennek az értéknek.

A mézek kémiai tulajdonságait a cukorösszetételen túl meghatározzák még a fehérjék, aminosavak, az enzimek, a vitaminok, az ásványianyagok, a savak és az aromaanyagok. Az enzimek elsősorban a méhek garatmirigy váladékaiból származnak, de vannak olyanok is, amelyek a nektárból, a pollenből vagy akár különböző gombákról és baktériumokról kerülnek bele (WHITE ÉS SMITH, 1964). A diasztáz enzim a keményítőt dextrinekre és cukrokra bontja, így aktivitása az egyik fő paraméter a méz feldolgozás és tárolás során történő melegítés intenzitásának meghatározásában, a Schade-skálán. A Magyar Élelmiszerkönyv előírása szerint a mézeknek (kivételt jelentenek a sütő-és főzőmézek, valamint a citrusmézek) legalább 8 Goethe /unit diasztázértékkel kell rendelkezniük.

A mézben csak vízben oldódó vitaminok vannak jelen kis mennyiségben (C, B1, B2, B5, B6 vitamin, niacin, K-vitamin, pantoténsav és biotin) (ZAWAWI ET AL., 2021).

A szabad savtartalom a mézek egy igen jelentős minőségi mutatója. A Magyar Élelmiszerkönyv 50 meq/kg értéknél maximalizálja a mézek, és 80 meq/kg értéknél a sütő-és főzőmézek savtartalmát. A méz édes íze ellenére megtévesztően savas, átlagos pH tartománya (3,4 és 6,1 között) mozog (BALL, 2007). Bár a pH kialakításában a savtartalom mellett fontos szerepet játszik az elemtartalom, a különböző mikroorganizmusok tevékenysége, a textúra és az enzimaktivitás is meghatározó lehet (CHANDLER ET AL., 1974; CZIPA, 2010).

A mézek savas pH-ja megakadályozza olyan mikroorganizmusok fejlődését, amelyek a semleges vagy lúgos pH-értéket igényelnek, jelentősen korlátozva ezzel a potenciálisan szennyező mikroorganizmusok spektrumát (DO NASCIMENTO ET AL., 2015).

A mézek fizikai-kémiai tulajdonságai szorosan összekapcsolódnak, hiszen a kémiai összetétel befolyásolja a kristályosodást, a viszkozitást, a higroszkópositást, elektromos

vezetőképességet és az optikai tulajdonságokat, valamint a színt, felületi feszültséget, mint fizikai paramétereket.

Az ásványi anyagok főleg a növényi nektárokból kerülnek a mézbe szervesen oldott sók, fémek, nyomelemek formájában. Mennyiségük a talajtól, a környezettől és a nektárt adó növényfajtól függ. A méz gazdag káliumban, nátriumban és kalciumban. A mikroelemek közül jelentős a vas-, mangán- és réztartalma. Általánosságban elmondható, hogy a sötétebb színű mézek több ásványi anyagot tartalmaznak (GONZALEZ-MIRET ET AL., 2007).

2.6. A méz illékony szerves összetevői

A mézek illatát és ízét elsősorban a növényi eredet határozza meg. A fajtamézek illata általában a virágra jellemző (repce, hárs, levendula, akác). Ugyanakkor általánosságban elmondható, hogy a világos mézek íze lágyabb, míg a sötétebb színűeké intenzívebb, markánsabb. A méz élvezeti értékét meghatározó aromaanyagok a virágok illékony komponenseiből származnak, bár tömegükben elhanyagolhatóak, kulcsfontosságúak az íz- és szagérzet kialakulásában, valamint szerepet játszanak mind az organoleptikus minőség, mind az eredetiség értékelésében (KÁDÁR ET AL., 2010). Az ízlelőbimbókon keletkező ízérzet és az orrban detektált szagérzet agyunk általi komplex feldolgozása révén az aromaváltozások ízkülönbségként manifesztálódnak. A méz ízét és aromáját alapvetően a cukrok, savak és illékony komponensek együttesen határozzák meg. Tekintettel arra, hogy a cukor- és savösszetételben nincs jelentős különbség a különböző mézfajták között, az aromaanyagok tekinthetők a méz egyedi ízprofiljának elsődleges meghatározóinak. Ezek az aromaanyagok elsősorban a nektár aromáit tükrözik, azonban a méhek szerepe sem elhanyagolható azok módosításában. A méz aromáját egy komplex rendszer adja, ahol az egyes illatanyagok egymáshoz viszonyított aránya gyakran jelentősebb az illatkialakításban, mint az egyes komponensek önálló hatása. Kémiai szerkezetük alapján az aromaanyagok rendkívül sokfélék lehetnek, ideértve az alkoholokat (aromás és terpénalkoholok), fenolokat és származékaikat (egy- és kétértékű fenolok), aldehideket (aromás, fenol-, terpén-, telített és telítetlen alifás aldehidek), ketonokat (alifás, aromás és terpén ketonok), szerves savakat és származékaikat, észtereket, valamint terpéneket (mono-, di- és triterpének). Ez a kémiai sokféleség járul hozzá a mézek rendkívül gazdag és fajspecifikus aromaprofiljához (NAYIK ÉS NANDA, 2015; ESRICHE ET AL., 2017; MACHADO ET AL., 2020).

A mézek aromaprofiljának kutatása az 1960-as évekre vezethető vissza. A különböző gázkromatográfiás technikák alkalmazásával napjainkban a 600-at is meghaladja a mézből azonosítható illó komponensek száma (BOGDANOV ET AL., 2004).

A VOC (Volatile Organic Compounds – Illékony szerves vegyületek) komponensek illékonyasága, illetve a méz komplex szerkezete miatt a mintaelőkészítési és mintabeviteli technikák kulcsszerepet játszanak az analízis eredményességét illetően. A leggyakrabban alkalmazott módszerek vízgőzdesztilláció (HD), folyadék-folyadék extrakció (LLE), klasszikus gőzdesztillációval egyidejű oldószeres extrakció (SDE) lehetővé tették a VOC komponensek kivonását, ugyanakkor a magas hőmérsékletük miatt a mézben lévő cukrok és aminosavak a Maillard-reakció következtében melléktermékeket hoztak létre (furán- és piránszármazékok) (CUEVAS-GLORY ET AL., 2007). Tovább torzíthatja az aromaprofil, hogy a hő és az oxigén együttes hatására számos vegyület lebomolhat, vagy átalakulhat (ALISSANDRAKIS ET AL., 2005). Az alkalmazott eljárások tekintetében jelentős előrelépés történt, amikor Bousseta, Collin és Dufour 1992-től a dinamikus gőztér analízis gázkromatográfiás-tömegspektrometriás (HS-GC-MS) technika segítségével kinyert illóanyag-profil használatával különbséget tudtak tenni a levendula-, jegenyefenyő-, eukaliptusz-, pitypang-, és repcemézek között. A HS technika nagy előnye az eddig ismertetett módszerekhez képest, hogy oldószermentes és automatizálható. Napjainkban a

leghatékonyabb eljárást jelentő szilárd fázisú mikroextrakciót (SPME) 1998-ban Guidotti és Vitali alkalmazták először. A módszer lényege, hogy rövid időre egy bevonattal ellátott kvarcszál a minta fölötti térbe, vagy közvetlenül a folyadékba merül, így adszorbeálja/abszorbeálja az illékony komponenseket, majd hő hatására deszorpció történik az injektorban.

Az SPME legnagyobb előnye, hogy gyors, oldószermentes- és roncsolásmentes, mintaigénye minimális, időtakarékos, sokoldalú, automatizálható és minimális mintaelőkészítést igényel. A GC pedig a komplex biológiai rendszerek molekuláit kiválóan választja szét, míg a tömegspektrometria érzékeny felbontást kínál az azonosításhoz. Hátránya abban mutatkozik meg, hogy eltérő az egyes bevonatok szelektivitása, így nem minden illóanyag kivonására egyformán hatékony, valamint túl sok komponens esetén telítődhet a szál (AMTMANN, 2009). Az SPME-GC-MS alapú VOC analízis széles körben alkalmazható a mézvizsgálatban, hiszen számos tudományterületen nyújt értékes információkat. A módszer eredményei általában nem az abszolút mennyiségi koncentrációkat, hanem az egyes komponensek relatív mennyiségét tükrözik, melyet a kromatogramon megjelenő csúcs alatti terület (peak area) alapján lehet meghatározni. Így a mérések alapvetően a különböző vegyületek egymáshoz képest az arányos jelenlétét mutatják meg.

Charlotta Breschi és munkatársai 2024-ben célul tűzték ki egy eredeti kemometriai megközelítés kidolgozását a mézek botanikai- és földrajzi eredetének hitelesítésére. A vizsgálataikhoz 100 mézmintát alkalmaztak, amely Olaszország különböző régióiból és botanikai forrásaiból származott, majd genetikai forrással kombinálták. Megállapították, hogy a VOC analízis nagyobb változatosságot mutatott a botanikai, mint a földrajzi eredet tekintetében, a genetikai algoritmus pedig 100%-ban helyes besorolást eredményezett az akác- és az eukaliptusz mézeknél.

A VOC analízis a minőségellenőrzés és a tárolási stabilitás terén is alkalmazható a méz minőségének nyomon követésére. Az illékony vegyületek koncentrációjának a változásai, mint például a hangyasav csökkenése, vagy az 5 hidroximetil-furfurol növekedése lehetővé teszi a termék pontosabb eltarthatóságának meghatározását és a minőségromlás korai felismerését. Sara Panseri és munkatársai 2023-ban az akácmézekben bekövetkező változásokat vizsgálták három eltérő hőmérsékleten 550 napon keresztül. A kísérlet során összehasonlították az SPME és az elektronikus orr technikákat is. Összességében az SPME bizonyult pontosabbnak, továbbá rávilágítottak a tárolási hőmérséklet fontosságára; a 15 °C-on tárolt méz VOC koncentrációja a 15. hónapig összevethető volt a 25 °C-on tároltval, utána viszont eltérés mutatkozott.

Pattamayutanon és munkatársai 2017-ben három különböző méhfajtól származó mézeket vizsgáltak öt különböző méztípus esetében, amely során összesen 32 illékony szerves vegyületet azonosítottak, mint lehetséges virágforrás markert. Megállapították, hogy a VOC vegyületek minőségének és mennyiségének eltéréseit egyaránt befolyásolja a virágforrás, illetve a méhfaj. Az *Apis cerana* által termelt méz VOC profilja teljesen eltért az *Apis mellifera* és az *Apis dorsata* által előállítottól. Eredményeik alátámasztják továbbá, hogy a VOC-k kémiai markerként alkalmazhatóak mézek azonosítására továbbá tükrözhetik a különböző méhfajok közötti virágforrás preferenciákat.

Manuela B. Nascimento és munkatársai 2024-es munkájában a különböző kakaófajták mézei összehasonlító vizsgálata során a kulcsvegyületek beazonosítása mellett megállapították, hogy a fajták jelentősen befolyásolják a szerves illékony komponensek koncentrációit, valamint az érzékszervi profilokat.

A különböző fajtamézek azonosítása is lehetséges az illékony vegyületek profilja alapján. Az akácmézek VOC profilját már számos nemzetközi tanulmányban vizsgálták. Alexandra M. Machado és munkatársai 2020-as tanulmányukban megállapították, hogy a

cisz-linalool-oxid (egy oxigéntartalmú monoterpén), a 3-metil-3-butén-1-ol (alkohol) és a heptanal (aldehid) marker vegyületeknek tekinthetőek az akácmézek esetében, mivel számos országból származó mintában kimutathatóak voltak (Ausztria, Csehország, Franciaország, Németország, Olaszország, Lengyelország, Románia, Szlovákia). Gyakran jelenlévő vegyületek még a benzaldehid, a furfural, a hexanal, az oktanal, a nonanal és a dekanal. Továbbá megállapították, hogy bizonyos régiókból származó akácmézek (pl. Kína) nem tartalmazzák a felsorolt marker vegyületeket, ami a földrajzi eredet további differenciálódását jelenti.

Cseh akácmézek esetében pedig a cis-linalool-oxidot és a β -linaloolt azonosították markervegyületekként (NGUYEN ET AL., 2021).

Kádár és munkatársai 2010-es publikációjukban szintén kimutatták ezeket a vegyületeket, de kiemelik azt is, hogy a földrajzi eredet jelentős hatással van az illékony vegyületekre oly módon, hogy szerepet játszhatnak a mézek ország szerinti meghatározásában is (Spanyolország, Románia, Csehország).

Mădaş és munkatársai 2019-es kutatásukban megállapították, hogy bár a VOC komponensek hasznosak lehetnek az akácmézek osztályozására, de önmagukban nem elegendőek a különböző területeken előállított minták megkülönböztetésére.

Bizonyos mézek esetében (akác, gesztenye, eukaliptusz, hanga, levendula, hárs, repce, rozmaring, napraforgó) vannak virágeredetű markervegyületek, ugyanakkor földrajzi eredet szerinti markervegyületek is kimutathatóak például Anglia és Dánia esetében (RADOVIC ET AL., 2001).

A repcemézek esetében a legtöbb kutatás a méz botanikai eredetének azonosítására és a jellegzetes markervegyületek feltárására irányul. Kifejezetten repcemézekre fókuszáló VOC analízist hajtottak végre cseh kutatók. SPME-GC-MS segítségével 28 repceméz mintát vizsgáltak és statisztikai módszerekkel egyes virágmézekkel is összevetették azokat. A repcemézekben öt fő illatanyagot határoztak meg a legjelentősebb mennyiségben (Hortrienol: 7,2-39,3%, benzaldehid: 0,7-19,0%, 3-metil-bután-nitril: 0,1-15,7%, 2-feniletanol: 1,0-10,2%, nonánsav: 0,4-7,0%). A szerzők a 3-metil-bután-nitrilt és a nonánsavat a repcemézre jellemző vegyületként azonosították (KRUŽÍK ET AL., 2019).

Ezzel szemben Alexandra M. Machado és munkatársai 2021-ben a repcemézek esetében egyedüli megkülönböztető vegyületként a dimetil-triszulfidot mutatták ki, amely egy kénes vegyület. Feltehetően a repce virágokra jellemző és a hagymafélékre emlékeztető szagot kölcsönözhet.

Napjainkban már megjelentek olyan gyors „elektronikus orr” jellegű műszerek is (differenciál mobilitási spektrometria (DMS) és az ion-mobilitási spektrometria (IMS)), amelyek úgy képesek detektálni a teljes illóanyag mintázatot, hogy egyes komponensekre bontják. A módszer során az egyes komponenseket szenzorok helyett fizikai módszerekkel (ionmobilitás) különítik el, így az elektronikus orr technológiához képest jobb a felbontásuk és reprodukálhatóak, de szintén nem használhatóak statisztikai kiértékelés és betanítás nélkül.

Jelenleg az elektronikus orr technológiák még kísérleti fázisban vannak, de előrevetítik, hogy a VOC-elemzés az egyre gyorsabb és feldolgozás-intenzívebb irányba halad, illetve segítségükkel laboratóriumon kívül, helyszíni elemzéssel is elvégezhetőek a vizsgálatok. Ugyanakkor a mézek illékony komponenseinek vizsgálatára továbbra is a gázkromatográfia-tömegspektrometria az elsődleges módszer. A mintavételi technikák közül pedig a gyorsaság és az átfogó profil érdekében a SPME-HS-GC-MS kombináció az egyik leggyakrabban alkalmazott kompromisszum (TZANETOU ET AL., 2024).

A mono- és poliflorás mézek VOC profilja jelentősen különbözik, ennek oka elsősorban az eltérő nektártartalom. Általánosságban kijelenthető, hogy a poliflorás mézek összetettebb VOC tartalommal rendelkeznek (MACHADO ET AL., 2020).

A harkai vizsgálati terület a 47.623639° északi szélesség és 16.571528° keleti hosszúság koordinátákkal meghatározható pont környékén helyezkedik el, Nyugat-Magyarországon, Győr-Moson-Sopron vármegyében. Ez a térség a Soproni-hegység déli lejtőin fekszik, közvetlenül az osztrák határ közelében, Harka község vonzáskörzetében, Sopron városától délnyugati irányba. A terület különleges tájföldrajzi adottságokkal jellemezhető, mivel átmenetet képez a Soproni-hegység erdőkkel borított, dombos régiója és a keletre elterülő, alacsonyabb fekvésű medencék között. Ahogy a műholdas képen is látható (2. ábra) a mozaikos domborzati és felszínborítási jellemzők szerteágazó földhasználati mintázatokat eredményeznek.

Éghajlati szempontból Harka környékét a szubalpin és az óceáni klíma együttes hatása alakítja, amely éles kontrasztot mutat az ország belső, kontinentálisabb területeivel. A nyarak itt mérsékelt melegek, gyakoriak a kellemes hűsítő szelek, míg a telek enyhébbek, ritkábban jellemzőek a tartós fagyok. Az éves csapadék mennyisége gyakran meghaladja a 700–800 mm-t, ami kedvez a gazdag növényzet kialakulásának és fennmaradásának. A nyugati irányból érkező szelek a levegő tisztaságát is elősegítik, és befolyásolják a helyi mikroklímát [URL8].

Geológiai szempontból a térség a kristályos alapzatú Soproni-hegységhez tartozik, ahol az alapkőzetet főként paleozoós eredetű csillámpala és gneisz alkotja. Ezeket helyenként miocén korú üledékek – például kavics, agyag, homokkő, valamint lajtamészke – borítják, az alacsonyabb lejtőkön pedig löszös fedőréteg is előfordul. A talajtípusok közül a savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj, valamint a kristályos kőzeteken kialakult ranker dominál. Ezek tápanyagban szegény, savanyú kémhatású talajok, amelyek korlátozzák az intenzív mezőgazdasági művelés lehetőségét, ugyanakkor ideálisak lehetnek erdőgazdálkodásra vagy speciális kultúrák, például szőlő termesztésére [URL9].

A vizsgált 5 km-es körzet növényzeti képe kiemelkedően változatos, természetes és emberi tevékenységek által egyaránt formált mozaikos mintázatot mutat. A Soproni-hegység hatalmas, összefüggő erdőtömbjei uralják a tájat, melyek túlnyomórészt lombhullató fákkal – gyertyánnal, tölgyel és bükkal – borítottak, de helyenként fenyvesek is megjelennek. Ezek az erdők nemcsak ökológiai, hanem vízgazdálkodási szempontból is fontosak, és számos védett állat- és növényfaj számára nyújtanak élőhelyet [URL10].

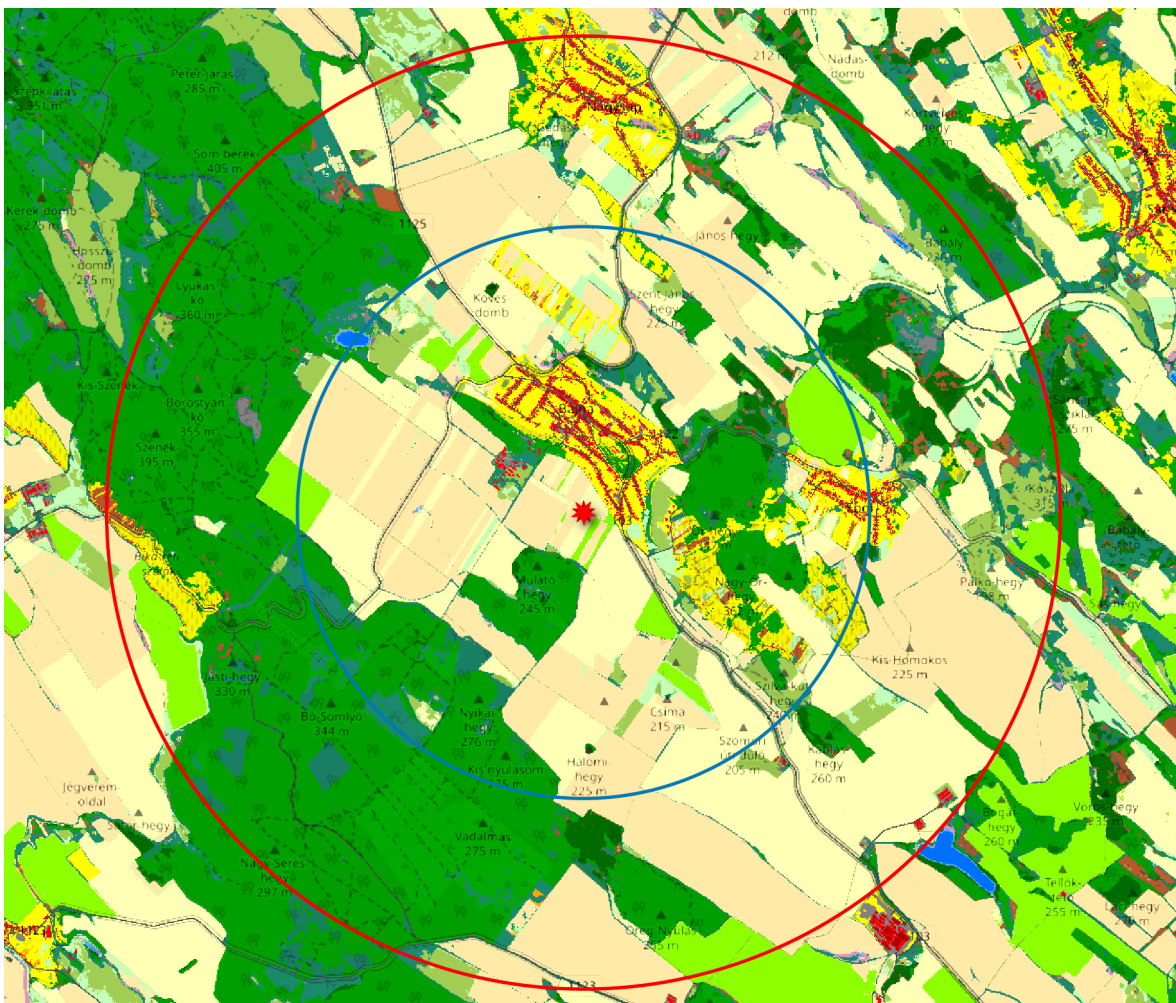
Az erdőkkel határos alacsonyabb fekvésű területeken mezőgazdasági parcellák jelennek meg, különösen a medencék és a hegylábi lejtők találkozásánál. A térség a Soproni Borvidékhez tartozik, így nem meglepő, hogy a déli, napsütötte lejtőkön szőlőültetvények sorakoznak. Emellett kisebb gabona- és takarmánynövényekkel bevetett földek is előfordulnak. Harka község és a közeli települések – valamint Sopron város közelsége – miatt jelentős a kiskertek és családi házas övezetek aránya. Ezek a telkek jellemzően gyümölcsfákat (pl. alma, körte, szilva), dísnövényeket és zöldségféléket rejtenek, ezáltal tovább gazdagítják a térség növénytakaróját [URL11].

Hidrológiai szempontból a Soproni-hegység jelentős vízgyűjtő területként funkcionál. Az Ikva-patak és mellékágai, mint például a Kecse-patak, a hegységből erednek, és meredek esésű felső szakaszuk után lassabban folynak tovább a síkabb vidékeken. A patakok mentén változatos parti vegetáció – például égerligetek, mohapárnák, páfrányok – alakult ki, amelyek szintén hozzájárulnak a helyi ökoszisztéma sokszínűségéhez.

A méhészet elhelyezkedését vizsgáló tájhasználati elemzés adatai egyértelműen alátámasztják, hogy a kaptárak egy agrárerdészeti jellegű tájban találhatóak, amely megállapítás a terület diverz és mozaikos szerkezetén alapul. A méhészet 3 és 5 kilométeres sugarú körzetének vizsgálata a fedéstípusok magas számát és arányos eloszlását tárta fel, ahol a tájképet a szőlő-, gyümölcs- és szántóföldi kultúrák, valamint a lombhullató erdők, bokros élőhelyek és gyepek együttes jelenléte határozza meg. A fás vegetáció és a különböző

agrárterületek térbeli közelsége hozzájárul a biodiverzitás fenntartásához és az ökológiai hálózatok folytonosságához, amit a beépített felszínek alacsony aránya és a vizes élőhelyek megléte tovább erősít. A két vizsgált zóna összevetése finomabb különbségeket mutat: a méhészet közvetlen, 3 kilométeres környezete heterogénebb és természetközelibb a fás, bokros és gyepek élőhelyek magasabb aránya miatt, ami strukturálisan diverzebb és a beporzók számára kedvezőbb tájat hoz létre. Ezzel szemben a tágabb, 5 kilométeres térség inkább agrárhasznosítású jellegű a szántóföldi kultúrák növekvő részaránya miatt, de a jelentős kiterjedésű gyümölcsösök, szőlők és gyepek révén továbbra is agrárerdészeti mozaikként értelmezhető. Mindkét lépték tehát komplex, beporzóbarát tájszerkezetet mutat, de a belső zóna ökológiai értéke magasabb.

Méhészeti szempontból ez a környezet kiemelten kedvező forrásellátottságot és élőhelyi változatosságot biztosít. A térség erdei – különösen az akácok, hársasok és vadcsereznyések – bőséges nektárforrást kínálnak, míg a szőlőültetvények aljnövényzete, a kiskertek virágai és a gyümölcsfák tovább gazdagítják a méhek táplálékspektrumát. Az időszakosan megjelenő repce vagy napraforgó tömeges nektárhozamot, az erdők pedig bizonyos években mézharmatot is adhatnak. A terület strukturális és biológiai sokszínűsége révén a virágzási időszak szinte az egész szezonnra kiterjed, ami elengedhetetlen a méhcsaládok folyamatos fejlődéséhez és a mézhozam maximalizálásához.



3. ábra: A Bajánán kihelyezett kísérleti méhészet vizsgálati területének műholdas képe

A harmadik ábrán bemutatott méhészet a 47.6453929° északi szélesség, 18.5997092° keleti hosszúság földrajzi koordináták öt km-es sugarú körében helyezkedik el, amely Magyarországon, Komárom-Esztergom vármegye keleti részén, a Gerecse hegység északkeleti peremén, Bajna település központjának közelében található.

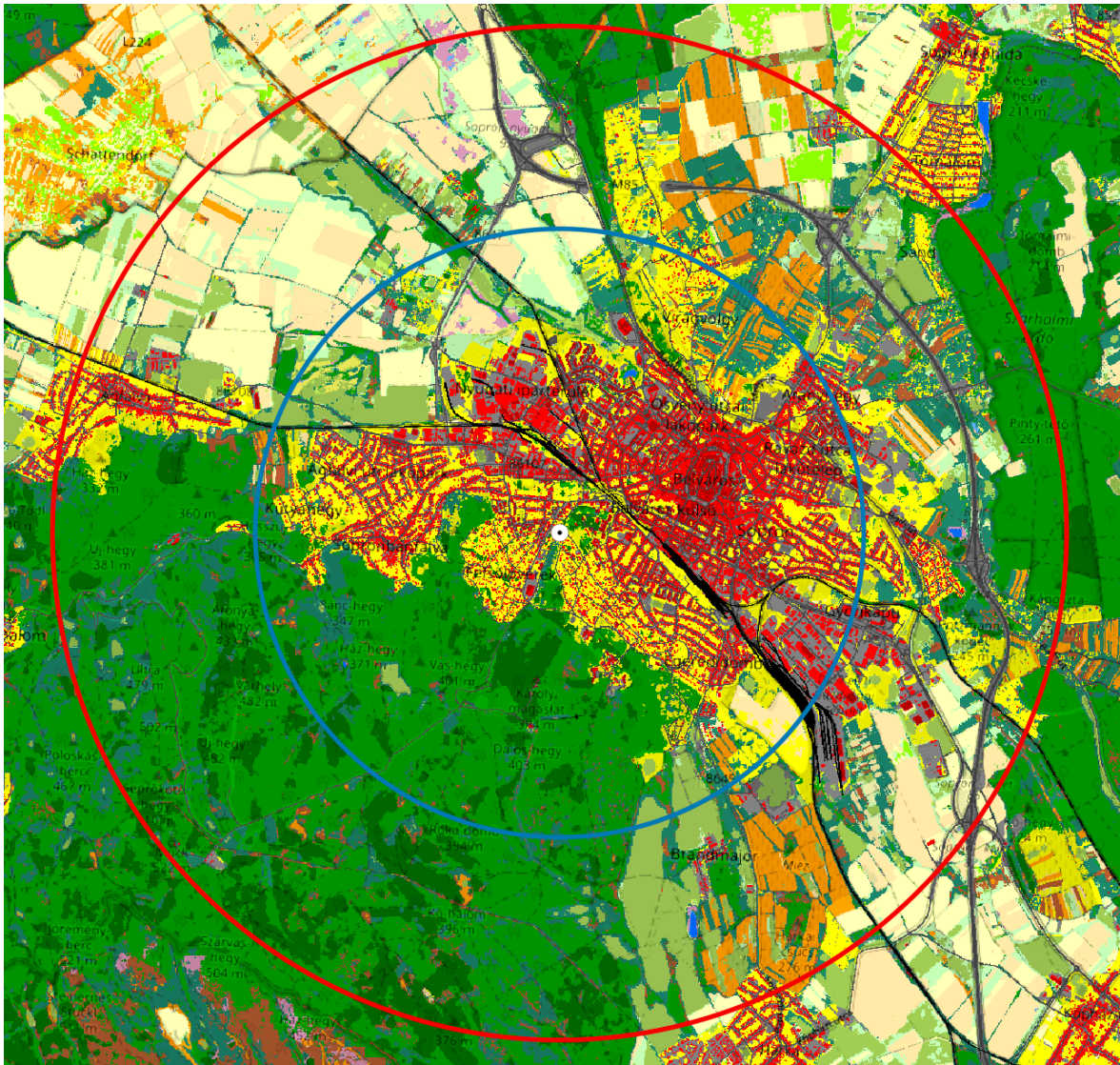
A vizsgált körön belül a felszínborítás nagyon változatos. A Gerecse kiemelkedéseiben, (melynek az alapközeete mészkő és dolomit) különösen a délnyugati és délkeleti peremvidéken, kiterjedt cseres-tölgyes és gyertyános-tölgyes erdők húzódnak, melyek a Gerecsei Tájvédelmi Körzethez tartoznak, ezzel is biztosítva a természetvédelmi értékek megőrzését. A síkabb északi és északkeleti területeken elsősorban szántóföldek és rétek találhatók, míg a meredekebb domboldalakat kaszálók, legelők borítják. Emellett jellemzőek a házikertek és kisebb méretű gyümölcsösök is [URL12]. Az akácok jelentős arányban vannak jelen, különösen a hegység peremterületein. A vízfolyások mentén láprétek, mocsaras élőhelyek találhatók, ezek egyedi növénytakasulásoknak adnak otthont. A művelt és természetközeli területeken egyaránt sokféle gyom- és vadvirágfaj is megjelenik.

A térség mezőgazdaságát főként búza, kukorica, repce és napraforgó termesztése jellemzi. A tájat kisebb vízfolyások, patakok és csatornák szelik át. Bajna közvetlen közelében a szintkülönbségek mérsékeltek, azonban a Dunántúli-középhegység irányába haladva ezek jelentősen nőnek.

A terület éghajlata mérsékelt övi, kontinentális jellegű, melyet a közeli középhegység klimatikus hatásai is befolyásolnak. Az évi középhőmérséklet 10–11 °C, az éves csapadék mennyisége 600–700 mm között alakul, a Gerecse közelsége enyhe csapadéknövekedést eredményezhet az alföldi térségekhez képest. A legnagyobb mennyiségű csapadék jellemzően késő tavasszal és kora nyáron hullik [URL8].

A táj szerkezeti összetettségét a több mint 19 különböző fedéstípus jelenléte jellemzi, amely a mezőgazdasági, erdős, bokros és mesterséges elemek kiegyensúlyozott arányát tükrözi. A tájdiverzitás forrása itt nem csupán a fedéstípusok magas számában, hanem azok arányos eloszlásában és funkcionális komplementaritásában rejlik. A homogén monokultúrák hiánya és a növénytermesztési formák térbeli váltakozása gazdag ökotonikus, azaz átmeneti zónákat és változatos nektárforrásokat hoz létre, ami kiemelten kedvező a generalista beporzó fajok számára.

A vizsgált méhészet környezetének tájhasználati adatai alapján a terület egyértelműen agrárerdészeti jellegű. A belső, 3 kilométeres zónában bár az intenzív mezőgazdasági művelés dominál, a lombhullató erdők és cserjés vegetációfoltok jelentős aránya biztosítja a természetes élőhelyek folytonosságát. Ezzel szemben a külső, 5 kilométeres zóna erdősültsége számottevően növekszik, ami a táj ökológiai stabilitását és élőhelyi változatosságát erősíti. E két zóna együttesen egy optimális kombinációt képez, ahol az intenzív nektárforrásokat biztosító mezőgazdasági környezet egy ökológiai pufferzónaként funkcionál, stabilabb háttérrel egészül ki. Ez a szerkezet kiváló méhészeti adottságokat teremt, mivel az erdőségek, szántók és rétek együttesen biztosítanak szinte folyamatos méhlegelőt a teljes szezon során. A korán virágzó erdei fajok, mint a juhar, fűz vagy vadcseresznye, az aljnövényzettel és a gyümölcsfákkal együtt jelentős tavaszi nektár- és pollenforrásként szolgálnak. Kiemelt jelentőséggel bírnak a térség akácjai, a lankásabb részeken termesztett repce, napraforgó és lucerna pedig tovább növelik a mézhozamot. A mezőgazdasági területek határain, mezsgyéken és kaszálókon előforduló vadvirágok szintén értékes táplálékot kínálnak, míg a tölgyesek erdei méz (mézharmat) előállítására is lehetőséget adnak, így a méhészet elhelyezkedése a biológiai sokféleség és a táplálékforrás-ellátottság szempontjából is optimálisnak tekinthető.



4. ábra: A Soproni Egyetem Botanikus kertjében kihelyezett méhészet vizsgálati területének műholdas képe.

A negyedik ábrán bemutatott terület a Soproni Egyetem Botanikus Kertjében található, Sopron északi részén, az északi szélesség 47.6795191° , keleti hosszúság 16.5712609° koordináták mentén. Az innen számított 5 kilométeres sugarú körzet magában foglalja Sopron városának jelentős részét, beleértve a peremkerületeket, valamint a környező változatos tájakat, melyek a Soproni-hegység és a Fertő-tó sík vidéke közötti átmeneti zónában helyezkednek el.

A térség éghajlata átmeneti jellegű, egyszerre mutat kontinentális, óceáni és szubalpin hatásokat. A klíma hűvösebb és csapadékosabb az ország legtöbb részéhez viszonyítva, különösen a Soproni-hegység magasabb térszínein, ahol az éves csapadék mennyisége gyakran meghaladja a 700–800 mm-t. Az Alpok közelsége és a Fertő-tó párolgása együttesen mérséklék a hőingadozást: a nyarak enyhébbek, a telek pedig kevésbé zordak. A gyakori nyugati irányú szélmozgás frissíti a levegőt, növeli a párolgást, és hozzájárul a kedvező mikroklimatikus viszonyok kialakulásához. A domborzati változatosság, különösen a hegység tagoltsága, többféle lokális mikroklímát hoz létre, melyek meghatározó szerepet játszanak a szőlőművelésben, az erdőgazdálkodásban, és természetesen a méhészet szempontjából is [URL8].

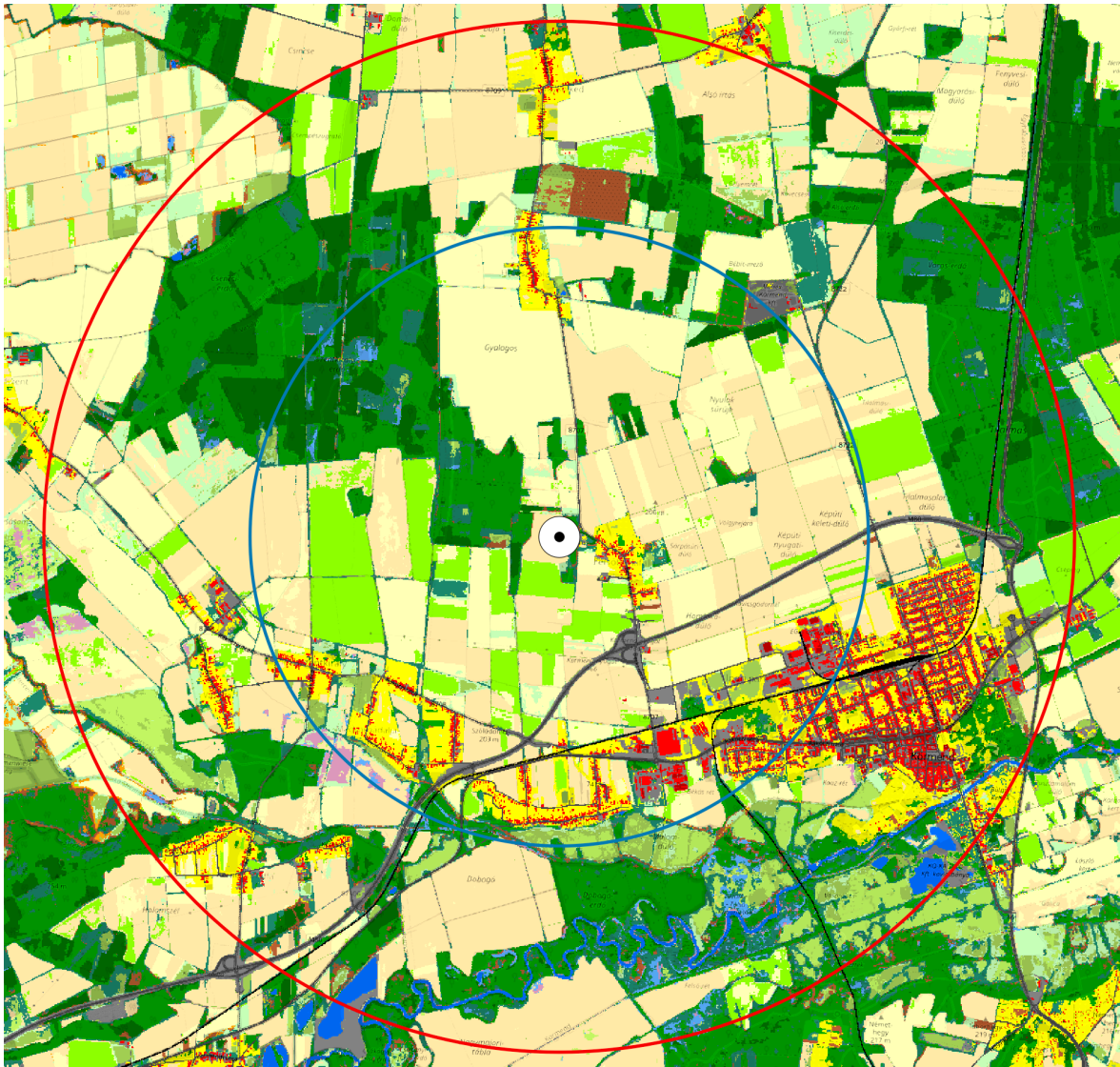
A méhészet szempontjából vizsgált körzet növényzeti szempontból rendkívül változatos képet mutat. Nyugaton és délen a Soproni-hegység erdőborította lejtői dominálnak, ahol a természetes erdőtársulások között gyertyános-tölgyesek, bükkösök, illetve telepített lucfenyvesek is megtalálhatók. Ezek az erdők magas arányban borítják a tájat, biodiverzitásuk pedig kimagasló. Kelet és észak felé haladva a táj fokozatosan nyitottabbá válik: a dombok napsütötte, déli lejtőin terülnek el a Soproni Borvidék szőlőültetvényei. Bár a szántóföldek jelenléte a város közvetlen környezetében korlátozottabb, a külvárosi övezetben mégis előfordulnak kisebb mezőgazdasági parcellák is [URL10].

Sopron város belső területei és peremkerületei a zöldfelületek gazdagságával tűnnek ki. Kiskertek, családi házas övezetek, városi parkok, fasorok, valamint a Botanikus Kert – mint egyedülálló növénygyűjtemény – együttese változatos élőhelyet és folyamatos virágforrást biztosít. Ezeken a területeken gyakoriak a díszcserjék, gyümölcsfák, veteményesek, valamint a különféle lágyszárúak, melyek a beporzók számára értékes táplálékot jelentenek. A Botanikus Kert önmagában is kiemelt jelentőségű, hiszen hazai és egzotikus fajok sokaságának ad otthont, ezzel is gazdagítva a térség flóráját [URL13].

A vizsgált táj 3 és 5 kilométeres sugarú körében egy magas diverzitású, agrárerdészeti mozaik figyelhető meg, amelynek szerkezete a központtól távolodva változik. A belső, 3 kilométeres zóna vegyes, kertvárosias-agrár jelleget mutat, ahol a kiskertek és a beépített területek aránya magas. Ezzel szemben az 5 kilométeres zóna fokozatosan természetesebbé válik a jelentős erdő- és cserjeborítottság révén, így a táj biológiai sokféleségének potenciálja és természetességi értéke a távolsággal nő. Ez a komplex szerkezet, a fás vegetáció nagy aránya – amely a külső zónában megközelíti a 40%-ot – és az alacsony zavarási intenzitás kedvez a beporzók élőhelyi igényeinek és a biodiverzitás fenntartásának.

Méhészeti szempontból ez a kettős struktúra optimális feltételeket teremt. A 3 kilométeres körzet a fő gyűjtőterületet jelenti, ahol a kertek, gyümölcsösök, szőlők és kultúrnövények bőséges, bár szakaszos virágforrásokat biztosítanak. Ugyanakkor az urbanizált elemek, mint az épületek és utak, csökkenthetik a zavartalan gyűjtési teret. Ezt ellensúlyozza az 5 kilométeres zóna, amely kiterjedt erdős, bokros és gyepes foltjaival pufferként és stabil tartalék élőhelyként funkcionál, biztosítva a folyamatos nektár- és pollenellátottságot az egész vegetációs időszak alatt.

A konkrét forrásokat tekintve a környező erdők – különösen az akác, hárs, juhar és vadgyümölcsfák – bőséges táplálékot kínálnak. A városi kertek, parkok és a Botanikus Kert dísznövényei a tavasztól késő őszig tartó virágzással járulnak hozzá a méhek ellátásához. Bár a szőlőültetvények virágzása kevésbé jelentős, az azokat övező gyepes sávok és cserjések fontos szerepet játszanak. A távolabbi sík területeken előforduló repce és napraforgó pedig időszakosan nagy nektárhozamot biztosíthat. Mindazonáltal a városi beépítettség és az intenzív emberi jelenlét korlátozza a természetes élőhelyek kiterjedését, és lehetséges, hogy a kulcsfontosságú akác- és hársas állományok kisebbek, mint a kevésbé urbanizált vidékeken.



5. ábra: A Körmenden kihelyezett kísérleti méhészet vizsgálati területének műholdas képe

Az ötödik ábrán látható vizsgálati terület a 47.0267556° északi szélesség, 16.5564505° keleti hosszúság földrajzi koordináták által meghatározott pont Körmend közvetlen környezetében található, amelynek 5 kilométeres körzete egy rendkívül sokszínű és dinamikus tájképi egységet alkot. A terület földrajzi karakterét jelentősen meghatározza a magyar–osztrák határ közelsége, az Alpokalja lankáinak és a Kisalföld síkságának találkozási pontja, valamint a természetföldrajzi jelentőséggel bíró Pinka-patak vízgyűjtője és az Írottó Natúrpark ökológiai kapcsolódása.

A vidék éghajlata mérsékelt kontinentális, ami kiegyensúlyozott időjárási viszonyokat biztosít. A telek többnyire enyhék és csapadékosak, míg a nyári időszakot meleg, időnként kifejezetten forró nappalok jellemzik. Az éves csapadék mennyisége általában 600–700 milliméter között alakul, az évi átlaghőmérséklet megközelíti a 10°C -ot. Nyáron gyakoriak a 25°C körüli nappali hőmérsékletek, míg a téli hónapokban a hőmérséklet csak ritkán csökken -10°C alá. Ezek az éghajlati jellemzők kedvező feltételeket teremtenek a mezőgazdasági termelés számára [URL8].

A térség talajviszonyai és klimatikus adottságai hagyományosan ideális környezetet biztosítanak szántóföldi növénytermesztéshez. Jellemzően gabonaféléket, kukoricát, repcét és napraforgót termesztenek, a domborzati viszonyok – főként a sík és enyhén hullámos területek – pedig lehetővé teszik az intenzív mezőgazdasági művelést. A nagyüzemi

gazdálkodás mellett azonban kisebb parcellák, családi gazdaságok és zártkerti övezetek is megtalálhatók, különösen Körmennd közvetlen közelében. Ezekben a kertekben elsősorban gyümölcsfák – szilva, alma, cseresznye – és zöldségfélék termesztése folyik, ami hozzájárul a táj mozaikos jellegéhez és ökológiai sokféleségéhez.

Az erdőborítottság szintén jelentős tényező a térség ökológiai szerkezetében. Körmennd környéke a Vas vármegyei erdősávok része, amelyeket főként kemény lombos fafajok – például tölgy, bükk, hárs, valamint a gyakori akác – alkotnak. Ezek az erdőfoltok és facsoportok jellemzően a dombháton, vízfolyások mentén és természetközeli élőhelyeken húzódnak. A zöldfelületek nemcsak természetvédelmi értéket képviselnek, hanem jelentős mikroklimatikus szerepük is van [URL14].

Hidrológiai szempontból a térségre nem a nagy folyók dominanciája, hanem inkább a kisebb vízfolyások, patakok jelenléte jellemző. A Pinka-patak, valamint a Rába közelsége – még ha kívül is esik az 5 km-es körön – érezhető hatással van a helyi vízháztartásra és a mikroklima alakulására. A vízfolyások mentén kialakuló nedves élőhelyek fontos ökológiai folyosóként szolgálnak a térség biodiverzitása szempontjából.

Körmennd városának közelsége, a városkörnyéki zöldövezetek, utcai fásítások és közparkok kedvező ökológiai hatást gyakorolnak a környező tájra, javítva a levegő minőségét és elősegítve a biodiverzitás fenntartását.

A vizsgált terület egy változatos, mozaikos agrárerdészeti tájként jellemezhető, ahol az intenzív mezőgazdasági művelés és a természetesebb élőhelyek szorosan integrálódnak. A tájképet a szántóföldi növénytermesztés dominálja, a 3 kilométeres körzetben a kapás- és kalászos növények a terület több mint felét teszik ki. Ezt a monokultúrás jelleget ellensúlyozza a jelentős arányú lombhullató erdő, amely az agrárterületekkel együtt hozza létre a jellegzetes mozaikos szerkezetet. A 22 különböző földhasználati kategória közepes-magas diverzitásra utal, ahol a nagy táblák mellett a kisebb, de ökológiailag fontos élőhelyek – mint a cserjések, gyepek és vizes foltok – növelik a táj strukturális összetettségét.

A beporzók számára ez a környezet vegyes adottságú: a nagy kiterjedésű repce, lucerna és a virágzó fákat tartalmazó erdők kiváló táplálékforrást biztosítanak, ugyanakkor a szélbeporzású kalászosok nagy területei táplálkozási szempontból "zöld sivatagot" jelentenek számukra. Éppen ezért a táj mozaikossága, ahol az erdők és gyepek nemcsak táplálkozó-, hanem fészkelő- és búvóhelyként is szolgálnak, elengedhetetlen a beporzó populációk fenntartásához.

A tájszerkezet a központtól távolodva jelentősen változik. Míg a 3 kilométeres kör egy intenzíven művelt mezőgazdasági mag, addig az 5 kilométeres zónában a lombhullató erdők aránya csaknem a duplájára nő a szántóföldi művelés rovására. A méhészet közvetlen környezete tehát egy intenzív agrárterület, amely egy lényegesen erdösebb, természetesebb és változatosabb külső tájba ágyazódik. Ez a szerkezet kiváló méhlegelőt biztosít az egész vegetációs periódusban, ahol a hárs, akác és vadgesztenye mellett a szeder, málna és más cserjék is folyamatos nektár- és virágporsforrást kínálnak, megalapozva a méhészet hosszú távú fenntarthatóságát a régióban.



6. ábra: A Nagycenken kihelyezett kísérleti méhészet vizsgálati területének műholdas képe

A hatodik ábrán bemutatott méhészet a 47.608302° északi szélesség és 16.708171° keleti hosszúság által kijelölt pont környezete, Nagycenk település és annak mintegy 5 kilométeres körzete Győr-Moson-Sopron vármegyében, a Soproni-medence keleti peremén fekszik. A térség földrajzi fekvésének köszönhetően egyfajta átmeneti zónát képez a Kisalföld síkvidéki mezőgazdasági területei és a Soproni-hegység erdős-dombos tájai között. Ez a természetföldrajzi sokszínűség, valamint a térség kulturális és történelmi jelentősége - különösen a Széchenyi család öröksége révén - sajátos karaktert kölcsönöz a vidéknek.

Éghajlati szempontból a térség mérsékelt kontinentális, ugyanakkor több klímabefolyás – kontinentális, óceáni és szubalpin – keveredése is érezhető. Ennek következtében a téli hónapok általában enyhébbek, a nyarak pedig mérsékelt meleg, szélsőséges hőingadozások nélkül. Az éves csapadékmennyiség viszonylag magas, gyakran meghaladja a 700 millimétert, ami kedvez a gazdag és változatos növényzet kialakulásának. A gyakori nyugati szélmozgás nemcsak a levegő tisztaságát segíti elő, hanem a pollenek és virágillatanyagok terjedésében is szerepet játszik, amely különösen előnyös a beporzó rovarok számára [URL8].

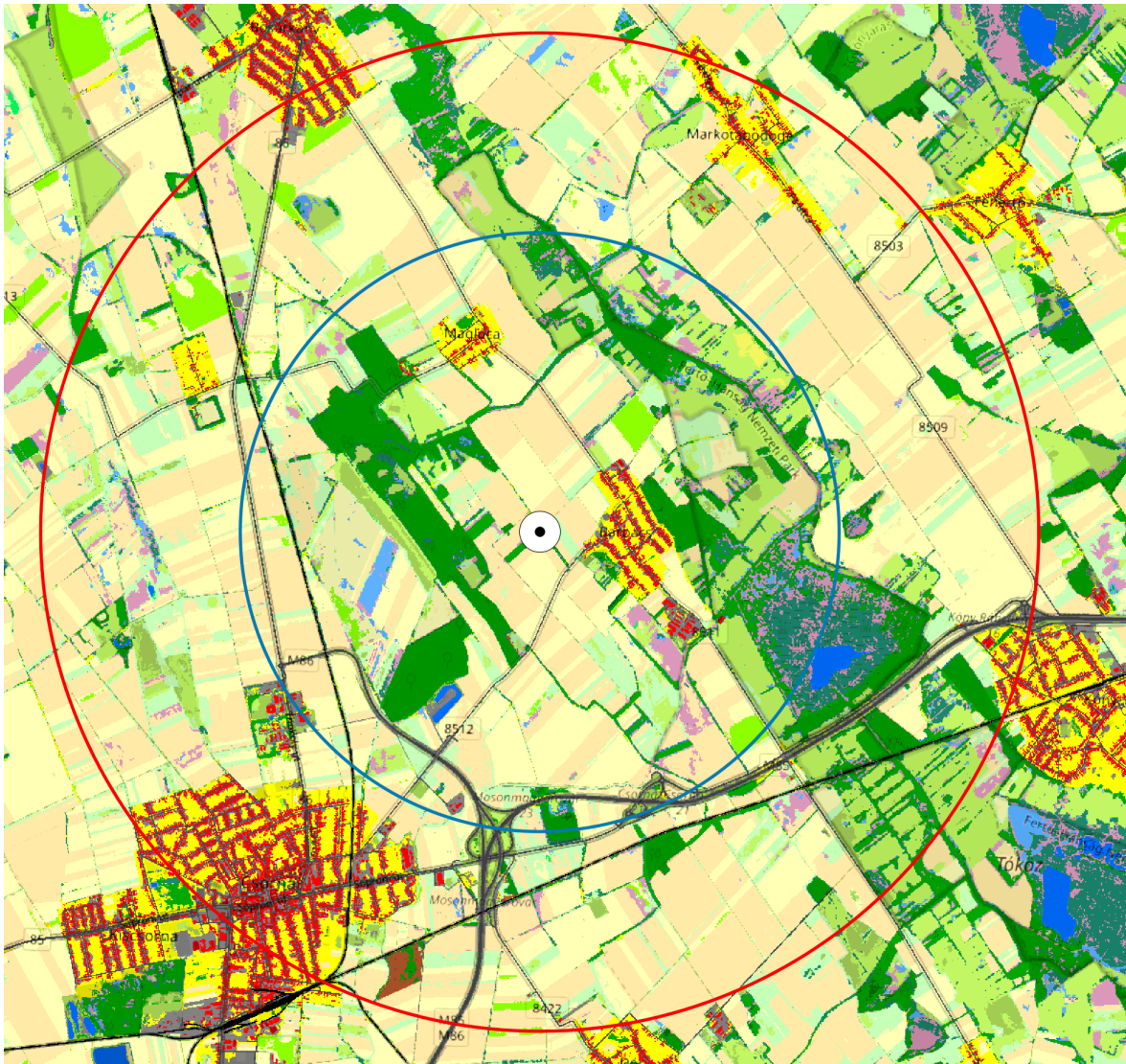
A növényborítottság szempontjából a terület mozaikos szerkezetű, számos élőhelytípus megtalálható. A dombvidék lankáin és a síkvidéki szegélyeken intenzív mezőgazdasági művelés folyik; gabonafélék, repce, kukorica és napraforgó a leggyakoribb kultúrák. E mezőgazdasági övezetek mellett a térség a Soproni Borvidék része is, ahol a domboldalak déli lejtőin gondosan művelt szőlőültetvények húzódnak [URL11]. A lakóövezetek peremén, különösen Nagycenk, Pereszteg és Hidegség falvaiban gyümölcsösök és konyhakertek is találhatóak, ezzel is növelve a táj biológiai változatosságát.

Az erdőborítottság jelentős részét a Soproni-hegység kiterjedt, főként lombhullató fajokból – például gyertyán, tölgy, bükk – álló erdei adják. Ezekhez helyenként telepített fenyvesek is társulnak.

A vizsgált terület egy rendkívül diverzifikált, intenzív mezőgazdasági művelés alatt álló táj képét mutatja, amelynek legfőbb jellegzetessége, hogy egy nagy kiterjedésű vizes élőhely közvetlen szomszédságában fekszik. A 3 kilométeres körzetet a szántóföldi gazdálkodás uralja a kalászosok és kapás növények dominanciájával, a táj diverzitása azonban a jelentős lombhullató erdők, szőlőültetvények és a nagy mezőgazdasági táblák éles kontrasztja miatt kiemelkedően magas. Ez a mozaikos szerkezet a beporzók számára vegyes képet fest: míg a repce, a lucerna és a virágzó erdők bőséges táplálékforrást kínálnak, a kiterjedt kalászos táblák táplálékban szegény területeket jelentenek.

A táj valódi kulcsát a 3 és 5 kilométeres zóna jelentős különbsége adja meg: a nádasok arányának robbanásszerű, közel százszoros növekedése egyértelműen jelzi, hogy a méhészet egy nagy tó vagy mocsárvidék (például a Fertő-tó) partján helyezkedik el. A központtól távolodva az intenzív szántóföldi művelés aránya csökken, és a természetesebb élőhelyek, mint az erdő és a nádas, válnak meghatározóvá. Lényegében egy intenzív agrárzóna olvad bele egy ökológiailag rendkívül értékes vizes élőhelybe.

Méhészeti szempontból ez a környezet kiemelkedően kedvező, mivel a repce és napraforgó virágzását az erdőkben található akác, hárs és juhar, valamint a kertek gyümölcsfái egészítik ki, meghosszabbítva a gyűjtési időszakot. A mézharmat megjelenésének lehetősége, a tiszta levegő és a mozaikos tájszerkezet ideális feltételeket teremtenek az egészséges méhcsaládok fenntartásához.



7. ábra: A Barbacson kihelyezett kísérleti méhészet vizsgálati területének műholdas képe

A hetedik ábrán bemutatott méhészet a 47.645524° északi szélesség, valamint 17.284903° keleti hosszúság metszéspontjában található, és az e pont köré húzott 5 kilométeres körzet Barbacs község közvetlen környezetét öleli fel. A térség Győr-Moson-Sopron vármegyében, a Kisalföld központi részén helyezkedik el, Rábacsécsény és Gyórsövényház települések között. Ez az alföldi tájegység síkvidéki jellegéből adódóan kiválóan alkalmas mezőgazdasági hasznosításra, ugyanakkor a folyóvizek közelsége és a hozzájuk kapcsolódó természetes élőhelyek is meghatározó elemei a tájképnek.

Éghajlata mérsékelt övi, erőteljesen kontinentális hatásokkal. A nyári hónapokban gyakran előfordulnak forró, száraz periódusok, míg a téli időszakot hideg, fagyos időjárás jellemzi. Az évi középhőmérséklet $10\text{--}11^\circ\text{C}$ között alakul, a nyári átlaghőmérséklet $20\text{--}22^\circ\text{C}$, míg a téli hónapokban általában 0°C körül mozog. Az éves csapadékösszeg $550\text{--}650$ mm közé esik, ami alacsonyabb az ország nyugati, hegyvidéki régióinál. A térségre jellemzőek az erős szelek, főként a téli és tavaszi időszakban, amelyek hatással vannak a hőérzetre és a növények párologtatására is [URL8].

A táj növényzeti képe elsősorban a mezőgazdasági műveléshez igazodik. A sík domborzatú térség nagyobbik részét szántóföldek borítják, ahol elsősorban gabonaféléket (búza, árpa, kukorica), valamint olajnövényeket (repce, napraforgó) termesztnek. Az agrártevékenység intenzív, a területek jól gépesítettek, és az évszakok váltakozásával együtt

a tájkép is jelentősen módosul. Az erdőborítottság elenyésző, az összefüggő erdőségek ritkák. A megmaradt kisebb erdőfoltok zömmel a Rábca és a közeli Rába mentén húzódó ártéri ligeterdőkben állnak, ahol fűz-, nyár- és égerfajok dominálnak. Ezenkívül kisebb akácosokat és tölgyeseket is találunk, főként telepített formában. Ezek a foltok nemcsak az élővilág menedékei, hanem ökológiai kapcsolatokat is biztosítanak a különálló élőhelyek között.

A térség településszerkezete falusias, így hagyományos kertgazdálkodás jellemzi, ahol gyakoriak a gyümölcsfás kertek, dísnövényekkel és zöldségfélékkel tarkított udvarok, amelyek nemcsak a települési zöldfelületek esztétikai értékét növelik, hanem fontos nektár- és virágporphorrást is kínálnak a beporzók, így a méhek számára.

A vizsgált terület egy ökológiaiag rendkívül értékes, vizes élőhelyekkel átszótt agrár-tájat jellemez, ahol a természetes és a művelt területek szoros, mozaikos egységet alkotnak. A tájképet a nedves élőhelyek és az intenzív mezőgazdaság kettőssége határozza meg; bár a kapás- és kalászos növények a 3 kilométeres körzet közel felét elfoglalják, a táj igazi karakterét a kimagaslóan magas arányú természetes területek, különösen a heterogén vizenyős gyepek, lombhullató erdők és nádasok adják. Ez a strukturálisan gazdag mozaik ideális feltételeket biztosít a beporzó rovarok számára, mivel a lucerna és a virágokban gazdag gyepek bőséges táplálékbaázist nyújtanak, míg az erdők és nádasok zavartalan felszkelőhelyet kínálnak, bőven ellensúlyozva a monokultúrák negatív hatását.

Érdekes mintázatot mutat, hogy a belső, 3 kilométeres zóna a természetesebb, ahol az erdők és vizes gyepek aránya magasabb, míg a külső, 5 kilométeres gyűrűben növekszik az intenzív mezőgazdasági művelés aránya. Ez arra utal, hogy a méhészet egy természetvédelmi szempontból is jelentős, vizes élőhelyekben gazdag területen – például egy folyó ártéri zónájában – helyezkedik el, amelyet egy intenzívebben művelt agrártáj ölel körbe.

Méhészeti szempontból ez a síkvidéki környezet jelentős előnyökkel bír: a kiterjedt repce-, napraforgó- és akácültetvények a fő gyűjtési időszakban koncentrált nektárforrást biztosítanak, amit a Rábca menti ligeterdők és a falusi porták gyümölcsfái egészítenek ki. Ugyanakkor az intenzív gazdálkodás kihívásokat is rejt; a növényvédő szerek használata potenciális veszélyt jelent, ami a gazdálkodók és méhészek közötti szoros együttműködést teszi szükségessé a permetezések összehangolásában. Emellett a monokultúrák virágzása utáni átmeneti táplálékhiány szükségessé teheti a vándorméhészet alkalmazását.

Az általunk vizsgált agrárerdészeti tájak általános jellemzése:

Az 1. táblázat az elemzett agrárerdészeti tájak legfontosabb jellemzőit mutatja be. Az erdőborítottság értéke a „lombhullató” és az „örökzöld” kategóriákhoz tartozó területek százalékos arányainak összegét jelöli. A diverzitás oszlopban azon tájhasználati kategóriák számát tüntettük fel, amelyek előfordulása a vizsgált területen nem nulla értékű, ezáltal a területhasználat változatosságát jellemzi. Az összes agrárterület mutató a „Kapás”, „Kalászos”, „Repce”, „Lucerna”, „Szőlő” és „Gyümölcs” NHRL-kategóriák százalékos arányainak összegéből áll. Az agrártípusok száma azt jelzi, hogy hány különböző mezőgazdasági kategória alkotja az adott terület agrárhasznosítását. A beépítettség értéke a „Beépített alacsony”, „Alacsony épület”, „Magas épület”, „Úthálózat”, „Vasút” és „Kiskert” kategóriák százalékos arányainak összegeként került meghatározásra.

1. táblázat: A vizsgált agrárerdészeti tájak főbb tájszerkezeti és területhasználati jellemzői

Lokáció	Sugár	Erdő (%)	Diverzitás (db)	Összes agrár terület (%)	Agrár-típusok (db)	Beépítettség (%)
Harka	3 km	23,3	20	48,8	6	5,9
	5 km	14	21	64,7	6	4,5
Bajna	3 km	18,8	19	58	6	12,8
	5 km	31,2	19	49,8	6	8,1
Sopron	3 km	26,9	21	7,7	5	52,5
	5 km	31,2	21	20,1	6	29,4
Körmend	3 km	13,1	20	63,7	5	15,3
	5 km	21,3	21	53	6	13
Nagyecenk	3 km	10,2	21	63	6	17,8
	5 km	11,6	22	57,9	6	9,7
Barbacs	3 km	14,7	21	55,3	4	6,3
	5 km	9,2	22	62,2	5	10,8

3.2. A felhasznált minták származása

Vizsgálataink során agrárerdészeti területekről származó pollencsomókat, valamint agrárerdészeti és nagyüzemi mézmintákat egyaránt felhasználtunk annak érdekében, hogy átfogó képet nyerjünk a biodiverzitásról, a méhbiomonitoring alkalmazhatóságáról, valamint a hazánkban gazdasági szempontból kiemelt jelentőségű akácméz összetételének minél pontosabb feltárásáról.

Az agrárerdészeti kategóriába soroltuk azokat a kaptártermékeket, amelyeket az általunk célzottan ilyen típusú élőhelyekre kihelyezett méhcsaládok gyűjtöttek. Ezzel szemben a nagyüzemi mézminták mind nagytermelő méhészetekből származnak, amelyek a mézfelvásárló és -feldolgozó üzemek számára termelnek. E méhészetek elsődleges célja a kiváló minőségű, gazdaságilag értékes fajtamézek (pl. akác-, repce-, napraforgóméz) előállítása. Ennek érdekében a méhcsaládokat jellemzően nagy kiterjedésű, homogén, konvencionális mezőgazdasági kultúrák – például repce- vagy napraforgótáblák – közelébe, illetve jelentős kiterjedésű akácerdők mellé telepítik. Ez a célzott telepítési stratégia biztosítja a nagy mennyiségű, egységes botanikai eredetű nektárforrást, ugyanakkor korlátozhatja a pollenspektrum és a nektárforrások diverzitását a természetes vagy mozaikos élőhelyekhez képest.

A kutatás teljes időszakában összesen 22 homogenizált pollencsomó mintát – amelyek mindegyikének tömege meghaladta a 2 grammot – és 232 különböző eredetű mézmintát vontunk be az elemzésekbe. A minták pontos származási helyét és tárolási körülményeit az eredmények részben részletesen ismertetjük biztosítva a vizsgálat transzparenciáját és reprodukálhatóságát.

3.3. Analitikai vizsgálatok

3.3.1 Melisszopalinológiai analízis

A pollencsomók analízise

A vizsgálati területekről gyűjtött pollencsomó mintából 2 g-ot mértünk ki egy 50 ml-es centrifugacsőbe, majd 10 ml 70%-os etanolt adtunk hozzá. Az oldatot 3 percig centrifugáltuk 1500 rpm sebességen, ezt követően a mintát 3–5 percig állni hagytuk, majd a felülúszót eltávolítottuk. A pellethez ismét 10 ml 70%-os etanolt adtunk, és az előző lépésekkel megegyező módon újracentrifugáltuk. A második centrifugálást követően a mintát ismét pihentettük, majd a felülúszót leöntöttük. Az így kapott üledéket 1:1 arányú desztillált víz-glicerin oldattal egészítettük ki 13 ml végső térfogatig, majd 30 percig állni hagytuk, hogy az alkotórészek szuszpendálódjanak. Ezt követően a mintát újból centrifugáltuk, majd a felülúszót eltávolítottuk az előzőekhez hasonló módon. A csőben visszamaradt szuszpenzióból (20–30 μ l, a minta fizikai tulajdonságaitól függően) mikropipetta segítségével lakkfilccel előkészített tárgylemezre vittünk fel mintát, egyenletes eloszlással. A tárgylemezen előzőleg 20 \times 20 mm-es területeket jelöltünk ki, melyek a vizsgálati keretként szolgáltak. A felvitt mintát 40 °C-os hőlapon szárítottuk, majd felmelegített, folyékony glicerin-zselatin beágyazószerrel vontuk be, és fedőlemezt helyeztünk rá a preparátum lezárásához (BARTH ET AL., 2010).

Mézminták analízise

A homogenizált mézmintából 10 g-ot mértünk ki egy 50 ml-es centrifugacsőbe, amelyhez 20 ml desztillált vizet adtunk. Az így előállított mézoldatot 10 percig centrifugáltuk (RCF = 1000g), majd a mintát 3–5 percig állni hagytuk, ezt követően a felülúszót leöntöttük. Az üledékhez újabb 10 ml desztillált vizet adtunk, majd a centrifugálási lépést megismételtük az előzőekkel azonos módon. A második centrifugálást követően ismét pihentettük a mintát 3–5 percig, majd a felülúszót eltávolítottuk. A centrifugacsőben visszamaradt szuszpenziót (kb. 20–30 μ l, a méz viszkozitásától függően) mikropipettával vittük fel előkészített tárgylemezre. A tárgylemez felületét előzőleg etanollal zsirtalanítottuk, majd lakkfilccel 20 \times 20 mm-es négyzeteket jelöltünk ki, amely a szuszpenzió felhordásának keretét képezte. A mintát a kijelölt területen egyenletesen eloszlattuk, majd a tárgylemezt 40 °C-os (kézmeleg) hőlapon szárítottuk. A fedőlemez és a glicerin-zselatin-fukszin tartalmú beágyazószer előmelegítését 40–50 °C-on végeztük. A minta lefedését követően a fedőlemezt óvatosan ráhelyeztük a beágyazott területre, majd a preparátum széleit keretezőlakkal zártuk le a tartósság és a mikroszkópos vizsgálatra való alkalmasság érdekében (PENDLETON, 2006; SAWYER, 2010).

A pollenanalízist a pollencsomók és a mézekből történő pollenanalízis során fénymikroszkóppal, 400-szoros nagyítással végeztük el (Carl ZEISS Axio Imager). A vizsgálat során szisztematikusan, látómezőről látómezőre haladva azonosítottuk és megszámláltuk a pollenszemcséket, valamint az egyéb alakos elemeket (pl. édesharmat-eredetű részecskék, gombaspórák stb.).

A relatív pollengyakoriság meghatározása az összes beazonosított pollenszem (beleértve a nektárt adó és nem adó növények pollenjét is) alapján történt, az alábbi számítási összefüggések figyelembevételével, a MSZ 6950-3 Magyar Szabvány szerint:

A vizsgált növényfajok teljes relatív gyakorisága:

$$X_p = \frac{A \times 100}{n}$$

A botanikai eredet megítélésakor a nektármentes növények (olyan fajok, amelyek virágaikban nem termelnek nektárt, így elsősorban pollenforrásként szolgálnak a beporzók számára) pollenzámát ki kell vonni:

$$X_p = \frac{A \times 100}{n - n'}$$

ahol,

- X_p : A beazonosított növényfaj pollenjének relatív gyakorisága %-ban kifejezve
- A: A beazonosított növényfaj pollenjének darabszáma
- n: Az összes számolt pollenszemcse darabszáma
- n' : A nektármentes pollenek pollenszemcséinek darabszáma

A vizsgált mézminták esetében meghatározásra került az abszolút pollenzám, amelyet 10 gramm mézre vonatkoztatva, pollenszem/10 g (PG/10g) egységben fejeztünk ki. Amennyiben a mintákban édesharmat-eredetű elemek (HDE) is jelen voltak, szükségessé vált a HDE/PG arány meghatározása is. Ez az arány fontos információt nyújt a méz eredetére és összetételére vonatkozóan, különös tekintettel az édesharmat jelleg dominanciájára vagy jelenlétére a mézben.

Az abszolút pollenzámhoz alkalmazott képlet:

$$N = \frac{F \times n}{f \times a} \text{ [PG/10 g]}$$

ahol,

- N: az összes elem száma (nektárt adó + nektármentes pollenek);
- F: a tényleges szűrőpapírméret [mm^2];
- n: az összes elem száma az összes látótérben;
- f: a mikroszkópos látótér mérete [mm^2] (a nagyításnak megfelelően);
- a: a megvizsgált látóterek száma, a nagyítástól függően.

Az édesharmatelemek értékelésének módszere (LOUVEAUX ET AL. 1978):

Édesharmat eredetű elemek (HDE) közé sorolhatók a gombaspórák és hifák, algák, valamint viaszmaradványok. Az analitikai kiértékelés során a többsejtű hifastruktúrákat, továbbá a spórákomplexumokat és algakomplexumokat egyetlen egységként kell számba venni. A viaszrészecskék számszerű rögzítése nem szükséges, mivel ezek alacsony relatív gyakoriságuk miatt az üledék mennyiségi és minőségi jellemzésében nem bírnak jelentőséggel.

Fontos elkülöníteni azokat a fitopatogén (növényt megbetegítő) gombaelemeket, mint például a *Uredinaceae* (rozsdafélék), *Ustilaginaceae* (üszögfélék) és *Peronosporaceae* (peronoszpórafélék), amelyek jelenléte nem az édesharmat-eredetből fakad, hanem jellemzően légköri szennyeződésként kerülhetnek a nektárba, és így másodlagosan az üledékbe. Ezért ezen komponenseket az édesharmat-elemek kategóriájától függetlenül, külön meg kell jelölni.

Továbbá, a finoman kristályos vagy mikrokristályos szerkezetű anyagok gyakran utalnak édesharmat eredetre, azonban jelenlétük bizonyos virágmézekben is megfigyelhető. Ezért

ezen elemeket nem az édesharmat-eredetű frakcióba, hanem az „egyéb üledékkomponensek” közé kell sorolni a mikroszkópos értékelés során.

Ha HDE/PG

- kisebb, mint 0,09, akkor gyakorlatilag nincs a virágmézben édesharmatméz;
- 0,1-1,49: kevés édesharmatot tartalmaz, ha kisebb, mint 1, akkor túlnyomórészt nektárméz;
- 1,5-2,99: közepes édesharmatméz-arány;
- 3-4,49: magas édesharmatméz-arány, ha nagyobb, mint 3, akkor túlnyomórészt édesharmatméz;
- nagyobb, mint 4,5: nagyon magas édesharmatméz-arány.

A mikroszkópos pollenanalízis eredményeinek feldolgozása során mintánként jellemzően jelentős számú (20-150) növényfajt azonosítottunk. Az eredmények értelmezését segítő a beazonosított növényfajokat családokba soroltuk, majd a továbbiakban ezeket tüntettük fel.

Önálló besorolást azok a családok kaptak, amelyek a teljes összetételhez viszonyítva elérték a 3%-os arányt, míg az ennél kisebb mennyiségben előforduló növénycsaládokat az „egyéb” kategóriába soroltuk. Ezt a módszert a Louveaux által 1978-ban meghatározott, a mézben található pollenek relatív gyakorisági osztályozása alapján alkalmaztuk, amely szerint egy adott pollenfaj 45% feletti előfordulása esetén „nagyon gyakori” vagy vezérpollen, 16–45% között „gyakori” vagy kísérőpollen, 4–15% között „izolált pollen”, míg 3% alatt „ritka pollen” kategóriába tartozik. Emellett figyelembe vettük, hogy bár a méhek számos növényfajról elsősorban nektárt gyűjtenek, a virágok meglátogatása során a testükre tapadó pollenszemek is bekerülhetnek a pollencsomókba, így több esetben előfordult, hogy bizonyos növényfajokat csupán néhány (1–2) pollenszemcse képviselt.

A 8. és 9. ábrán az egyes növénycsaládok többször is megtalálhatóak, eltérő színnel jelölve. Ennek magyarázata, hogy bizonyos, a méhek által különösen kedvelt növénycsaládok – mint például az *Asteraceae* és a *Fabaceae* – taxonjai olyan nagy változatosságot mutattak a mintákban, hogy célszerűbb és áttekinthetőbb volt alkategóriákba sorolva ábrázolni (2. táblázat). Ez a megközelítés elősegíti a pollenspektrum pontosabb értelmezését és a különböző fajok megkülönböztetését a mintákban.

- „*Asteraceae 1*” – alapvetően a fészkes feltűnő, színes virágzatú, rovarmegporzású elsősorban mezei virágok, (illetve egy-egy kiskertekben dísznövényként ültetett növény) kerültek ebbe a csoportba, amelyek a pollen mellett nektárt is gazdagon termelnek.
- „*Asteraceae 2*” – a hétköznapi nyelvben „gyomként” emlegetett, kevésbé feltűnő virágzatot hozó, szélbeporzású fajok tartoznak ide, amelyek csak pollent termelnek.
- „*Asteraceae 3*” – az aranyvessző (*Solidago spp.*) fajokat soroltuk ebbe a kategóriába.
- „*Asteraceae 4*” – a nagyüzemi mezőgazdasági műveléshez kapcsolódó fészkes napraforgó faj került ebbe a csoportba, amelyből önálló fajtamézet is pergetnek.
- „*Fabaceae 1*” – a lágyszárú hüvelyeseket kategorizáltuk ebbe a csoportba.
- „*Fabaceae 2*” – a fás szárú hüvelyesek kerültek ide.
- „*Boraginaceae 1*” – a mezőgazdasági területeken termesztett mézöntőfüvet, amelyből fajtamézet is pergetnek illesztettük ebbe a csoportba.
- „*Boraginaceae 2*” – a természetben vadon is előforduló fajok kerültek ebbe a kategóriába.

2. táblázat: A vizsgált kaptártermékekben nagy faji diverzitással rendelkező növénycsaládok alkategóriák szerinti felosztása

Összevont csoportok	Taxonok
<i>Asteraceae 1</i>	Martilapu fajok- <i>Tussilago spp.</i> , Gyermekláncfű- <i>Taraxacum officinale</i> , Pipitér fajok- <i>Anthemis spp.</i> , Egynyári seprence- <i>Erigeron annuus</i> , Peremizs fajok- <i>Inula spp.</i> , Mezei cickafark- <i>Achillea millefolium</i> , Aszat fajok- <i>Cirsium spp.</i> , Mezei margitvirág- <i>Leucanthemum vulgare</i> , Mezei katáng- <i>Cichorium intybus</i> , Imola fajok- <i>Centaurea spp.</i> , Oroszlánfog fajok- <i>Leontodon spp.</i> , Bogáncs fajok- <i>Carduus spp.</i> (Tövises bogáncs- <i>Carduus acanthoides</i> , Bókoló bogáncs- <i>Carduus nutans</i> , Szamárbogáncs- <i>Onopordum acanthium</i>), Kúpvirág fajok- <i>Rudbeckia spp.</i> , Rézvirág fajok- <i>Zinnia spp.</i>
<i>Asteraceae 2</i>	Ürömlevelű parlagnő- <i>Ambrosia artemisiifolia</i> , Fekete üröm- <i>Artemisia vulgaris</i>
<i>Asteraceae 3</i>	Aranyvessző fajok- <i>Solidago spp.</i>
<i>Asteraceae 4</i>	Napraforgó fajok- <i>Helianthus annuus</i>
<i>Fabaceae 1</i>	Vörös here- <i>Trifolium pratense</i> , Fehér here- <i>Trifolium repens</i> , Orvosi somkóró- <i>Melilotus officinalis</i> , Takarmánylucerna- <i>Medicago sativa</i> , Lednek fajok- <i>Lathyrus spp.</i> , Tarka koronafürt- <i>Coronilla varia</i> , Bükköny fajok- <i>Vicia spp.</i> , Csüdfű fajok- <i>Astragalus spp.</i> , Nyúlszapuka- <i>Galega officinalis</i> , Szarvaskerep- <i>Lotus corniculatus</i>
<i>Fabaceae 2</i>	Fehér akác- <i>Robinia pseudoacacia</i> , Lilaakác- <i>Wisteria sinensis</i> , Tövises lepényfa- <i>Gleditsia triacanthos</i>
<i>Boraginaceae 1</i>	Mézontófű- <i>Phacelia tanacetifolia</i>
<i>Boraginaceae 2</i>	Kígyószisz fajok- <i>Echium spp.</i> , Nadálytó fajok- <i>Symphytum spp.</i> , Atracél fajok- <i>Anchusa spp.</i> , Tüdőfű fajok- <i>Pulmonaria spp.</i> , Nefelejcs fajok- <i>Myosotis spp.</i> , Gyöngyköles fajok- <i>Lithospermum spp.</i>

3.3.2 A mézminták fiziko-kémiai paramétereinek a meghatározása

Víztartalom és Brix%

A mézminták nedvességtartalmának és Brix-fokának meghatározását refraktometriás módszerrel, az MSZ 6943/1-79 magyar szabvány előírásai szerint végeztük, ATC-3 típusú hordozható refraktométer (Kína) alkalmazásával. A vizsgálatához folyékony állapotú mézet használtunk, amelyet a mérés előtt alaposan homogenizáltunk, ügyelve arra, hogy a keverés során ne kerüljön levegő a mintába. Kristályos méz esetén a mintát csiszolatos dugós mérőedénybe helyeztük, majd 40–45 °C-os vízfürdőben óvatosan felolvasztottuk az eredeti összetétel megőrzése mellett. A méréseket három párhuzamos ismétlésben hajtottuk végre, az eredményeket pedig a 20 °C-os standard hőmérsékletre korrigáltuk, a szabványos mérési eljárás alapján. (AL ET AL., 2009; KĘDZIERSKA-MATYSEK ET AL., 2016; URŚULIN-TRSTENJAK ET AL., 2017).

pH és savfok

A méz pH-értéke annak körülbelül 30%-os vizes oldatában mérhető hidrogénion-koncentrációját jellemzi, míg savfoka azt a köbcéntiméterben kifejezett nátrium-hidroxid (NaOH) oldatmennyiséget jelenti, amely 100 gramm méz semlegesítéséhez szükséges, brómtimolkék indikátor jelenlétében.

A pH- és savtartalom-vizsgálatokat az MSZ 6943/3–80 számú magyar szabvány szerint végeztük. A pH meghatározásához 10 gramm mézmintát 25 ml desztillált vízben oldottunk fel 20 °C-on, majd a pH-értéket előzetesen kalibrált CyberScan 510 PC típusú pH-mérővel (Hanna Instruments HI 1131 elektródával, Németország) határoztuk meg. A méréseket

minden mintánál két párhuzamos ismétlésben végeztük; az eredményt a két mérés egy tizedes jegy pontosságú számtani középértékeként adtuk meg, amennyiben a mérések közötti eltérés nem haladta meg a 0,1 pH egységet (CZIPA ET AL., 2019).

A savfok meghatározásához 100 ml 10 tömegszázalékos mézoldatot titráltunk 0,1 mol/dm³ koncentrációjú NaOH-oldattal, öt csepp brómtimolkék indikátor hozzáadása után, az átmeneti zöld szín megjelenéséig. A savfok-vizsgálatot szintén két párhuzamos ismétlésben végeztük, ahol az elfogadható maximális eltérés a két mérés között 0,2 savfok egység volt. Az eredményt a két párhuzamos mérés tizedesjegy pontosságú számtani átlagaként kell megadni.

A méz savfokát a következő képlettel számítottuk ki:

$$S = a * f$$

ahol,

- a: a titrálásnál fogyott 0,1 M NaOH oldat cm³-ban kifejezve
- f: a lugoldat faktora

Elektromos vezetőképesség

A mézminták elektromos vezetőképességének a mérését (Radelkis OK-114; Radelkis OK-0907P elektródával, Magyarország) egy 20 tömegszázalékos mézoldaton végeztük 20 °C hőmérsékleten (BOGDANOV, 1997; CZIPA ET AL., 2019; POSPIECH ET AL., 2021).

Diasztáz-aktivitás meghatározása Goethe-féle módszerrel

A diasztáz-aktivitást az MSZ 6943/6–81 magyar szabvány előírásai szerint határoztuk meg. Ehhez 20 gramm mézet 0,01 gramm pontossággal főzőpohárba mérve, 25–30 °C hőmérsékletű desztillált vízben, üvegbottal folyamatos keverés mellett oldottunk fel, majd a keveréket 100 cm³-es mérőlombikba átöntöttük. Az oldatot 20 °C-ra lehűtve, desztillált vízzel a jelig egészítettük ki, homogén elegyet képezve. Ezt követően az oldatból 50 cm³-t pipettáztunk 100 cm³-es mérőlombikba, ahol az oldatot az MSZ 6943/3 szabványnak megfelelően, a lombikban lévő 10 gramm méz savtartalmával ekvivalens mennyiségű 0,025 mol/l nátrium-karbonát oldattal közömbösítettük, majd ismét feltöltöttük és homogenizáltuk. Az elkészített oldatot bürettába töltöttük, majd a táblázatban meghatározott mennyiségeket sorszámmal ellátott, 16 cm³-es, jelölésekkel ellátott kémcsövekbe adagoltuk. Minden kémcsőhöz a táblázatban szereplő (7. melléklet) ecetsav-, nátrium-klorid- és keményítőoldat mennyiségeket adtuk hozzá, majd desztillált vízzel 16 cm³-ig egészítettük ki. Az így előkészített mintákat összeráztuk, majd 45–50 °C-os vízfürdőben egy órán keresztül inkubáltuk. Az inkubáció után a kémcsöveket csapvízzel lehűtöttük, majd mindegyikhez 1 csepp 0,05 mol/l jód-oldatot cseppentettünk, összeráztuk, és a kialakult színreakció alapján határoztuk meg a diasztáz-számot.

HMF tartalom meghatározása White-féle módszerrel

A hidroximetil-furfurol a cukor olyan bomlásterméke, amely természetes körülmények között csekély mennyiségben a méz tárolása és feldolgozása közben is keletkezhet; nagyobb mennyiségben előfordulása a méz túlzott melegítésére, vagy nem megfelelő tárolására mutat. A módszer elve, hogy a derített mézoldat UV-abszorbanciáját olyan vakoldattal szemben mérjük, amelyben a HMF-molekula 284 nm-en abszorpciós maximummal rendelkező kromofor csoportját hidrogén-szulfittal elroncsoljuk. A korrigált abszorbanciából számítjuk a minta HMF-tartalmát.

A HMF (hidroximetil-furfurol) tartalmát az MSZ 6943/5–1989 számú magyar szabvány szerint határoztuk meg. 5 g mézmintát 10-szeresen hígítottunk, majd a szűrést követően a mintákat fotometriásan mértük (Shimadzu UV-2600 spektrofotométer (Shimadzu Co, Japán) 284 és 336 nm-en a nátrium-hidrogén-szulfidot tartalmazó vakoldattal szemben.

A HMF tartalmat a következő képlettel számítjuk ki:

$$H = (A_{284} - A_{336}) * \frac{74,85}{m}$$

ahol,

- H: a HMF tartalom, mg/100g;
- $A_{284}-A_{336}$: Az indexben megadott hullámhosszon mért abszorbancia;
- 74,85: szorzófaktor;
- m: a bemért minta tömege, g.

3.3.3 A mézminták kromatográfiás vizsgálata

A mézminták cukorösszetételének meghatározása

A kromatográfiás elválasztást a fruktóz, glükóz és szacharóz koncentrációjának meghatározására használtuk. 2,5 g mézmintát 50 ml 50:50 arányú acetonitril-desztillált víz oldatban hígítottunk. Az analitikai rendszer egy Shimadzu LC-20 kromatográfból (Shimadzu Co, Japán) állt; az alkalmazott oszlop Waters XBridge BEH amid, 250 mm × 4,6 mm, 5 µm volt, 40 °C-os állófázissal. A mobilfázis acetonitril:desztillált víz:ammónium keveréke volt 75:25:0,1 arányban. A befecskendezett térfogat 10 µl volt. A kvalitatív analízist RID detektorral végeztük.

A mézminták VOC komponenseinek a meghatározása

A mézminták előkészítéséhez 20 ml térfogatú mágneses kupakú gőzteres üvegbe 5 g méz mintát mértünk be, ezt feloldottuk 1 g desztillált vízben és a kisózás céljából 1 g NaCl-t adtunk hozzá.

Mérési paraméterek leírása:

- A méréshez alkalmazott készülék: SHIMADZU GCMS TQ8040
- A mintabevitelhez felhasznált eszköz: AOC 6000

SPME (Solid Phase Micro Extraction) paraméterei:

- 15 perces inkubációs idő, 10 perc adszorpciósi idő, 80 °C-on injektálás
- állófázis típusa: DVB/Carbon WR/PDMS (80 mikrométer)

A gázkromatográf paraméterei:

- injektor adatai: 280 °C-os hőmérséklet, splitless injektor, mintázási idő 3 perc 35 °C-os oszlophőmérséklet mellett
- az alkalmazott oszlop paraméterei: TG-5MS (Thermo Scientific Co.) közepes polaritású kolonna

3.3.4 A mézminták elemtartalmának meghatározása

A homogenizált mintákból 0,4 g körüli mennyiséget mértünk be 3 tizedes pontossággal teflon bevonatú (iPrep) feltáróedényekbe. Hozzáadtunk 10 mL HNO₃-at (65 % m/m, 1,41 g/cm³, CARLO ERBA Reagents S.A.S.) majd fél óra várakozás után Mars 6 iWave mikrohullámú roncsolóban (MARS 6 240/50, CEM, Matthews, NC USA) feltártuk a mintát 205 °C-on, 15 perc alatt, 25 perc felfűtési idő után. A leroncsolt mintákhoz 2 mL H₂O₂-ot (30% m/m, 1,11 g/cm³, Scharlab S.L.) adtunk. A teflonedények tartalmát ultratiszta ionmentes vízzel 50 mL-es mérőlombikokba átmostuk, majd hamumentes szűrőpapíron (MN 640m) szűrtük.

Az előkészített minták elemanalízisét induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométerrel végeztük el (iCAP 6300 Duo ICP-OES, Thermo Fisher Scientific Inc, Waltham, MA USA). A mérőgörbe felvételéhez a standard munkaoldatokat Merck gyártmányú multielemes standard oldat (Certipur® ICP multi-element standard solution IV 1000 mg/l) felhasználásával készítettük el.

3.3.5 Alkalmazott statisztikai módszerek

A mézminták fiziko-kémiai adatainak értéke során a következő statisztikai módszereket alkalmaztuk:

- A változók (indikátorok) eloszlásának normalitásvizsgálata a mézminták esetében és a kiugró értékek meghatározása,
- A normális eloszlású változók konfidencia-intervallumai,
- Különböző méztípusok átlagainak összehasonlítása Student-féle t-próbával,
- Korrelációs analízis méztípusok szerint,
- Főkomponens-analízis (PCA)
- Wilks-lambda értékek meghatározása a mézcsoporthoz a főkomponensek koordináta-rendszerében.

Az értékelési stratégia végrehajtásához a szoftveres háttérrel a Windows Excel, a Chemometrics-Add-In, a StatsKingdom online és a Scilab FACT 1.4.2 kemometriai kiterjesztés alkotta.

Az akác, repce és az agrárerdészeti mézminták főkomponens (PCA) térbeli lehetséges csoportosulásai a fuzzy csoportelemzési eljárással (BOROSY ET AL, 2001) jellemezhetők. A fuzzy módszer a felosztás csoportszámához a felosztási valószínűséget visszatükröző jellemzőket (pl.: Bezdek-féle felosztási együttható, felosztási entrópia, szeparálódási tényező) társít. A csoportszám függvényében ezek az együtthatók lokális szélsőértékkel rendelkeznek, így a többdimenziós adathalmazokban a lehetséges mintacsoportosulások közül a legvalószínűbb kiválasztható. A fuzzy eljárás alkalmazásához a Borosy és munkatársai (2001) által közölt algoritmust Scilab 6.0 szoftverben kódoltuk. A Scilab-re kódolt fuzzy programot a 8. melléklet tartalmazza.

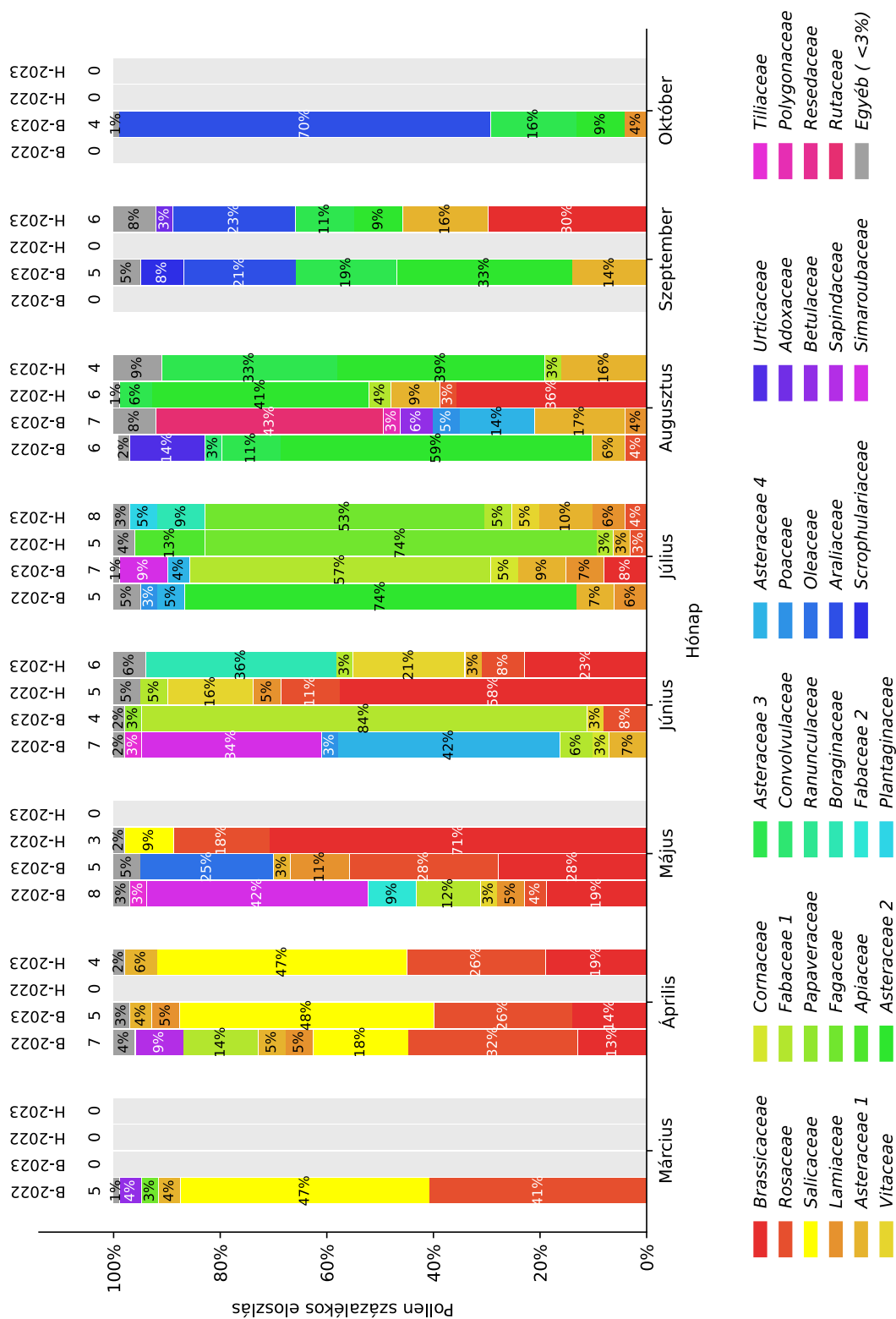
A hőmérséklet- és csapadékadatok, valamint az agrárerdészeti területekről származó pollen-és mézminták mikroszkópos pollenanalízis során kapott eredményeinek ábrázolásához a Python programnyelvet használtunk.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. A harkai és a bajnai agrárerdészeti területek összehasonlítása a pollen-és mézminták alapján

A vizsgált agrárerdészeti területek (Bajna, Harka) botanikai jellemzését a 2022-es és 2023-as években a méhek által gyűjtött pollencsomók, illetve a mézből kivont pollenszemek alapján végeztük el. A mintavételezés során a bajnai méhészetből összesen 13, míg a harkai telephelyről 9 alkalommal gyűjtöttünk pollencsomókat; előbbi esetében 2022-ben 6, 2023-ban pedig 7, utóbbi esetében pedig 4, illetve 5 mintavétel történt az adott években. Mézmintákat mindkét vizsgált helyszínen egyaránt 6 alkalommal, évenkénti bontásban 3-3 alkalommal vontunk be az elemzésbe. A teljes vizsgálati periódus alatt összesen 22 darab homogenizált pollencsomó- és 12 homogén mézmintát sikerült begyűjteni. A mintavételezés célja annak feltárása volt, hogy a vizsgált területek vegetációja, valamint az eltérő időjárási viszonyok milyen hatást gyakorolnak a méhek pollengyűjtési preferenciáira.

4.1.1 A harkai és a bajnai minták összehasonlítása a pollenminták alapján



8. ábra: A harkai és a bajnai agrárerdészeti terület kísérleti méhészetéből 2022-ben és 2023-ban gyűjtött pollencsomók mikroszkópos pollenanalízisének eredményei az egyes növénycsaládok szerinti megoszlásban (A diagramon az oszlopok az egyes pollenminták növénycsalád összetételét ábrázolják százalékos eloszlásban, az oszlopok tetején található számok azt jelzik, hogy az „egyéb <3%” kategórián kívül hány különböző növénycsalád volt jelen az adott mintában. A H, és B jelölések pedig az agrárerdészeti területek (Harka és Bajna) rövidítése. A 2022 és a 2023 pedig a gyűjtés évet jelöli.)

A 8. ábra, valamint a 9. és 10. mellékletek alapján elmondható, hogy a **harkai méhészetből** 2022-ben összesen 4 hónapban tudtunk pollencsomó mintákat gyűjteni (május, június, július, augusztus), 2023-ban pedig 5 hónapban (április, június, július, augusztus, szeptember). Míg a 2022-es évben az extrém szárazság okozott nehézséget, addig 2023. májusában a nagy mennyiségű csapadék következtében nem tudtak pollent gyűjteni a méhek. Ennek következtében a harkai terület esetében csak a június, július, augusztus hónapok eredményeit tudtuk összehasonlítani a két vizsgálati évben.

A harkai agrárerdészeti területen 2022. júniusában a minták jelentős részét (95%) öt növénycsalád tette ki, míg 2023. júniusában hat növénycsaládról gyűjtöttek a méhek nagy mennyiségben (94%). 2022 júliusában az előző hónaphoz hasonlóan öt növénycsalád alkotta a minta nagy részét (96%), ezzel szemben a 2023-as év júliusa jóval fajgazdagabbnak bizonyult, mivel nyolc növénycsaládról gyűjtötték a méhek a minta 97%-át. Az augusztus az előző hónappal ellentétben a 2022-es évben bizonyult fajgazdagabbnak, ugyanis hat növénycsaládról származott a minták 99%-a, addig 2023-ban négy növénycsaládról gyűjtötték a pollencsomó 91%-át. A harkai terület esetében ebben a hónapban volt a legmagasabb az egyéb kategóriába sorolt növényfajok %-os eloszlása (9%).

A **bajnai vizsgálati terület** méhészetéből 2022-ben összesen 6 hónapban tudtunk pollencsomó mintát gyűjteni (márciustól- augusztusig), míg 2023-ban 7 hónapban (áprilistól-októberig). A harkai területhez hasonlóan 2022-ben az extrém szárazság következtében csak augusztusig tudtak pollent gyűjteni a méhek. Ezzel szemben 2023-ban a kedvező csapadékviszonyok miatt még októberben is bőséges pollen állt a méhcsaládok rendelkezésére. A két vizsgálati év eltérő időjárásbeli különbségei miatt így öt hónapot tudtunk összehasonlítani (április, május, június, július, augusztus). Míg 2022. áprilisában összesen 7 növénycsaládról gyűjtötték a méhek a pollenminta 96%-át, addig 2023-ban öt növénycsaládról származott a pollencsomók 97%-a. Az áprilishoz hasonlóan májusban is a 2022-es év bizonyult fajgazdagabbnak, hiszen nyolc növénycsaládról származott a pollenek 97%-a, míg 2023-ban öt növénycsaládot látogattak nagyrészt (95%) a méhek. Ugyanez a tendencia mutatkozott júniusban is. Míg a 2022-es vizsgálati évben hét növénycsaládról származott a minta 98%-a, addig 2023-ban mindössze négy növénycsaládról gyűjtöttek a méhek pollent ugyanilyen százalékos arányban. Az előző hónapokkal szemben július hónapban a második vizsgálati év volt a fajgazdagabb. Míg 2022-ben öt növénycsaládot látogattak 95%-ban, addig 2023-ban hét növénycsaládot 99%-ban. Augusztusban szintén a 2023-as év volt a fajgazdagabb, ugyanis hét növénycsaládról származott a pollenminta 92%-a, míg 2022-ben hat növénycsaládról gyűjtötték a pollencsomók 97%-át.

A **két vizsgált terület összehasonlítása** rámutatott arra, hogy bár a vizsgált hónapok során azonos sorrendben kerültek begyűjtésre a pollencsomók, azonban pollenösszetételük jelentősen eltérő struktúrát mutatott, amelyben nagy különbségek voltak kimutathatók mind a vizsgálati évek és hónapok, mind pedig a gyűjtött növénycsaládok tekintetében. Az első vizsgálati évben a május és a június hónap fajgazdagabb volt Bajna tekintetében. Míg Bajnán májusban nyolc növénycsaládról gyűjtötték a méhek pollen 97%-át, addig Harkán három növénycsaládról származott a 98%-a. Júniusban pedig hét növénycsaládról gyűjtöttek Bajnán, míg Harka esetében öt volt ez az érték. A július és augusztus hónapok a növénycsaládok tekintetében ugyanazt az értéket mutatták öt és hat növénycsalád, csak a százalékos eloszlásban mutatkozott némi eltérés. Az első vizsgálati évvel ellentétben a 2023-as évben a harkai területen látogattak több növénycsaládot a méhek, kivéve április és augusztus hónapban.

Nemcsak a gyűjtött növénycsaládok számában mutatkoztak különbségek a két eltérő vizsgálati évben, de ugyanazon területről származó pollenminták esetében is. Általánosságban elmondható, hogy eltérő növénycsaládokat látogattak a méhek a 2022-es és a 2023-as évben.

Részletes taxonómiai összehasonlítás

A **harkai területről** gyűjtött pollencsomók esetében június, július és augusztus hónapokban áll rendelkezésünkre adat mindkét vizsgálati évben. Június hónapban, bár közel azonos volt a látogatott növénycsaládok száma, 2022-ben a minta több, mint felét (58%) a *brassicaceae* fajok tették ki, ezzel szemben 2023-ban ez az érték 23% volt. A *Rosaceae* család közel azonos arányban mutatkozott a két vizsgálati évben (11% és 8%), amely itt elsősorban a gyepűrózsa és szeder fajokat jelenti. Szintén hasonló százalékban (16%, 21%) gyűjtöttek *Vitaceae* pollent és *Fabaceae 1* pollent a méhek. Azonban míg 2022-ben jelen volt a *Lamiaceae* család a gyűjtött növénycsaládok között, addig 2023-ban az *Asteraceae 1* (3%) család és a *Boraginaceae* -facélia, kígyószisz- (36%) család tette ki a minta jelentős részét. Júliusban mindkét vizsgálati évben a minták több, mint felét a *Fagaceae* családba tartozó szelídgesztenye pollen alkotta (74%, 53%). A *Rosaceae* családba tartozó fajok is hasonló százalékban (3%, 4%) fordultak elő. Az előző hónappal ellentétben júliusban a 2023-as évben gyűjtöttek *Lamiaceae* fajokat (6%). Az *Asteraceae 1* családba tartozó fajok ebben a hónapban mindkét vizsgálati évben jelen voltak (3%, 10%). A 2022-es év júliusában 13%-kal jelen voltak az *Apiaceae* fajok (ernyősök), addig 2023-ban a *Boraginaceae 2* (9%) és a *Plantaginaceae* család alkotta a minta maradék részét. A harkai területről gyűjtött pollencsomók két vizsgálati évének összehasonlításában az augusztusi hónapban mutatkoztak a legnagyobb különbségek. Míg 2022-ben a minta 36%-át a *Brassicaceae* család alkotta, (amely valószínűleg a talajtakaró magkeverékekkel magyarázható) és a *Rosaceae* család is kimutatható volt a pollencsomóban (3%), addig 2023-ban ezek a családok nem voltak jelen. Az *Asteraceae 1* növénycsaládba tartozó fajok, elsősorban a *Carduus spp.*- bogáncs fajok alkották a minta 9%-át 2022-ben és 16%-át 2023-ban. A *Fabaceae 1* családba tartozó növények közel azonos arányban (3%, 4%), valamint az *Asteraceae 2* családba tartozó fajok is szinte azonos mértékben (41%, 39%) voltak jelen a két vizsgálati évben. Az évek között a legnagyobb különbség az *Asteraceae 3* (*Solidago spp.*- aranyvessző fajok) gyűjtésében mutatkozott (2022-ben a minta 6%-át tették ki, 2023-ban pedig 33%-át).

A **bajnai terület** esetében a két év vonatkozásában április, május, június, július és augusztus hónapokat tudtuk összehasonlítani.

A két vizsgálati évben áprilisban közel azonos százalékban (13%, 14%) gyűjtöttek *Brassicaceae* és *Rosaceae* (32%, 26%) fajokat a méhek. A legnagyobb eltérés a *Salicaceae* család (elsősorban *Salix spp.*- fűzfajok) arányában mutatkozott, mivel míg 2022-ben a pollencsomók 18%-át alkották, addig 2023-ban a 48%-át. A *Lamiaceae* család azonos mennyiségben (5%) volt jelen mindkét vizsgálati évben és az *Asteraceae 1* családba tartozó növények eloszlásában is csak 1% volt a különbség (5%, 4%). Ugyanakkor a 2022-es évben jelen volt még a *Fabaceae 1* család (14%) és a *Sapindaceae* család (9%). Szintén nagy eltérések mutatkoztak május hónapban is a két vizsgálati év között. Mind 2022-ben, mind 2023-ban eltérő arányban, de jelen volt a *Brassicaceae* család (19%, 28%), a *Rosaceae* család (4%, 28%), a *Lamiaceae* család (5%, 11%). Az előbb felsorolt három növénycsaládot leszámítva teljesen más fajokat preferáltak a méhek a két vizsgálati évben. Míg az első évben a *Vitaceae* (3%), a *Fabaceae 1* (12%), a *Fabaceae 2* (9%), *Simaroubaceae* (42%) és a *Tiliaceae* növénycsaládokról gyűjtöttek nagy mennyiséget, addig a második vizsgálati évben

az *Oleaceae* (25%) és *Asteraceae1* (3%) növénycsaládokat részesítették előnyben. Júniusban csak a *Fabaceae1* család volt közös a két vizsgálati évben, de nagyon eltérő arányban (6%, 84%). A 2022-es évben az *Asteraceae4* (napraforgó) tette ki a minta legnagyobb részét (42%), emellett a *Simaroubaceae* (34%), a *Tiliaceae* (3%) és a *Poaceae* (3%). A 2023-as vizsgálati évben pedig a *Vitaceae* család (3%) és a *Papaveraceae* (3%). Júliusban csak a *Lamiaceae* család (6%, 7%), az *Asteraceae1* (7%, 9%), az *Asteraceae4* (5% és 4%) növénycsaládok voltak kimutathatóak nagyobb relatív arányban mindkét vizsgálati évben. A 2022-es évben az *Asteraceae2* család tette ki a minta 74%-át, valamint a *Poaceae* család a 3%-át. A 2023-as évben az előző hónapban tapasztaltakhoz hasonlóan a *Fabaceae1* volt jelen 57%-ban és a *Simaroubaceae* család 9%-ban. Augusztus hónapban is jelentős különbségeket tapasztaltunk a két vizsgálati év között. Hasonlóság volt, hogy mind 2022-ben, mind 2023-ban megmutatkoztak az *Asteraceae1* család fajai (6%, 17%), de a többi gyűjtött növénycsaládban nem volt átfedés. Az első vizsgálati évben az *Asteraceae2* család tette ki a minta 59%-át, amelyen kívül kimutathatóak voltak még a *Rosaceae* fajok (4%), az *Asteraceae3* család (11%), a *Convolvulaceae* (3%) és az *Urticaceae* (14%). A második vizsgálati évben a *Rutaceae* család alkotta a minta jelentős részét 43%, ezen kívül pedig *Lamiaceae* fajokat (4%), *Asteraceae4* (4%), *Poaceae* (5%), *Polygonaceae* (3%) mutattunk ki.

Összességében elmondható, hogy a bajnai vizsgálati területen gyűjtött pollencsomók vonatkozásában sokkal jelentősebb eltérések mutatkoztak a két vizsgálati évben a méhek által gyűjtött növénycsaládok tekintetében.

A két vizsgálati területet összehasonlítva az azonos években gyűjtött pollencsomók tekintetében is eltérő eredményeket tapasztaltunk.

A 2023-as év áprilisában szinte azonos volt a két terület növényösszetétele. Mind Harkán, mind Bajnán legnagyobb százalékban a *Salicaceae* fajokat azonosítottam be a méhek által gyűjtött pollencsomókból (Bajna-48%, Harka-47%), a *Rosaceae* növénycsaládból pedig mindkét terület esetében egyaránt 26%-ot gyűjtöttek. Továbbá a *Brassicaceae* család (Bajna-14%, Harka-19%) és az *Asteraceae1* család (Bajna-4%, Harka-6%) aránya is közel azonos volt a két területen. Különbség csak abban mutatkozott, hogy bajnai területről származó pollenmintában jelen volt még a *Lamiaceae* család (5%), ezzel ellentétben a Harkáról származó mintában csak az egyéb kategóriában volt kimutatható.

Ezzel ellentétben május hónaptól már számottevő eltérések mutatkoztak. A 2022-es eredmények alapján elmondható, hogy csak a *Brassicaceae* (Bajna-19%, Harka-71%) és a *Rosaceae* (Bajna-4%, Harka-18%) fajokban volt átfedés, de mindkét növénycsalád esetében jelentős százalékos eltéréssel.

Júniusban mindkét vizsgálati évet össze tudtuk hasonlítani, de mind 2022-ben, mind 2023-ban markáns különbségeket tapasztaltunk, amely itt elsősorban a méhészetek gyűjtési területébe beleeső mezőgazdasági területekkel magyarázható, hiszen a pollencsomók jelentős százalékát minden esetben a konvencionális termesztésből származó növények pollenje teszi ki.

Júliusban is nagy különbségek mutatkoztak a területek között, amely ebben az esetben is az eltérő vegetációval magyarázható, hiszen a harkai területen a *Fagaceae* családba tartozó *Castanea sativa* (szelídgesztenye) mindkét évben bőségesen ellátta pollennel a méhcsaládokat. Ezzel szemben Bajnán a 2022-es évben a szárazság következtében elsősorban *Asteraceae2* növényfajokat tudtak csak gyűjteni a méhek, 2023-ban pedig *Fabaceae1* fajokat.

Augusztusban a 2022-es vizsgálati évben mindkét területen nagyrészt *Asteraceae2* családhoz tartozó növényfajok domináltak, illetve a harkai területről származó pollencsomók esetében kiemelkedő volt még a mezőgazdasági termelés hatása, amely a

Brassicaceae fajok magas arányában mutatkozott meg a mintában. A 2023-as évben csak az *Asteraceae1* családba tartozó fajok mutattak hasonlóságot a két terület között, ahol elsősorban a különböző *Carduus spp.* (bogáncs fajok) voltak kimutathatóak közel azonos arányban.

Szeptemberben csak a 2023-as vizsgálati évben állt rendelkezésünkre minta mindkét területről, amelyben az *Asteraceae1*, az *Asteraceae3* és az *Araliaceae* növénycsaládok tekintetében mutatható ki átfedés a területek között hasonló arányban.

Az „Egyéb <3%” kategóriába sorolt pollenek legjellemzőbb növénycsaládjai a következők voltak: *Ranunculaceae*, *Bignoniaceae*, *Caprifoliaceae*, *Violaceae*, *Pinaceae*, *Pinaceae*, *Malvaceae*, *Geraniaceae*, *Lythraceae*, *Magnoliaceae*, *Ulmaceae*, *Campanulaceae*, *Ericaceae*, *Rhamnaceae*, *Eleagnaceae*, *Onagraceae*, *Hypericaceae*. Az egyéb kategória a minták összetételének 1-9%-át tette ki a vizsgált pollencsomóknak. Összehasonlítottam a méhek által gyűjtött főbb növénycsaládokat a pollencsomók vizsgálata alapján, hogy összefüggéseket keressek az éghajlati viszonyok és a méhek gyűjtési preferenciája között.

A bajnai minták esetében mindkét vizsgálati évben 20-20 növénycsaládot látogattak meg a méhek nagyobb mennyiségben. Mind a 2022-es, mind a 2023-as évben gyűjtöttek *Brassicaceae*, *Rosaceae*, *Salicaceae*, *Lamiaceae*, *Asteraceae1*, *Vitaceae*, *Cornaceae*, *Fabaceae1*, *Asteraceae2*, *Asteraceae3*, *Asteraceae4*, *Poaceae* és *Simaroubaceae* fajokat. Az előbb felsorolt növénycsaládok jelenléte utal a méhek táplálkozásában betöltött fontos szerepükre.

Az első vizsgálati évben a felsorolt 13 növénycsaládot kiegészítettek még *Fagaceae*, *Convolvulaceae*, *Fabaceae2*, *Urticaceae*, *Betulaceae*, *Sapindaceae* és *Tiliaceae* fajokkal. A második vizsgálati évben pedig a *Papaveraceae*, az *Oleaceae*, *Polygonaceae*, *Resedaceae*, *Rutaceae* növények pollenjei voltak kimutathatóak, valamint szeptember és október hónapban az *Araliaceae* és *Scrophulariaceae* növénycsaládok. Ezen eltérések lehetséges magyarázata lehet, hogy a különböző hőmérsékleti és csapadékviszonyok, valamint a vegetációs időszak hosszának az eltérései a két vizsgálati év között befolyásolták a növények virágzási fenológiáját. Továbbá mivel a házi méhek (*Apis mellifera*) pollenválasztási preferenciái rugalmasak, így előfordulhat, hogy nem azonos időszakban és nem azonos intenzitással látogatták ugyanazokat a növényfajokat. Ugyanakkor az *Araliaceae* és a *Scrophulariaceae* növénycsaládok jelenléte alátámasztja, hogy az agrárerdészeti struktúrák hosszú ideig biztosítanak virágforrásokat a méhek számára.

Érdekeség, hogy a közös kategóriába eső növénycsaládok több esetben eltérő hónapban voltak kimutathatóak a pollenmintákban. Ezt szemlélteti az 3. táblázat.

3. táblázat: A vizsgálati évek hatása a bajnai agrárerdészeti területek kísérleti méhészetéből gyűjtött pollencsomók mikroszkópos pollenanalízise által beazonosított növénycsaládok jelenlétére a vizsgált hónapokban

Növénycsalád	Bajna, 2022.	Bajna, 2023.
<i>Vitaceae</i>	május	június
<i>Cornaceae</i>	június	július
<i>Asteraceae2</i>	július, augusztus	szeptember
<i>Asteraceae3</i>	augusztus	szeptember, október
<i>Asteraceae4</i>	június, július	július, augusztus
<i>Poaceae</i>	június, július	augusztus
<i>Simaroubaceae</i>	május, június	július

A 3. táblázatban jól látható, hogy 2023-as évben később, általában egy hónap különbséggel gyűjtötték a méhek, amely alátámasztja, hogy a csapadékosabb évben elnyúlik a virágzási időszak.

A harkai pollencsomók főbb növénycsalád összetételéről általánosságban elmondható, hogy mindkét vizsgálati évben alacsonyabb diverzitással rendelkezett, mint a bajnai méhészetből begyűjtött minták. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy az időjárási viszonyok miatt a harkai területről kevesebb alkalommal tudunk pollencsomó mintát venni a méhcsaládoktól. A 2022-es vizsgálati évben összesen 11 főbb növénycsaládról, míg a 2023-as évben 14 főbb növénycsaládról gyűjtöttek pollent a méhek. Ezek közül 10 mindkét évben szerepelt nagy mennyiségben a fiasítás táplálására szánt pollenek között (*Brassicaceae*, *Rosaceae*, *Salicaceae*, *Lamiaceae*, *Asteraceae*, *Vitaceae*, *Fabaceae*, *Fagaceae*, *Asteraceae*², *Asteraceae*³). A 2022-es év kiegészült még az *Apiaceae* növénycsaláddal, míg a 2023-as év a *Boraginaceae*, *Plantaginaceae*, illetve szeptember hónapban az *Araliaceae* és *Resedaceae* növénycsaládokkal.

Akárcsak Bajna esetében, a harkai mintáknál is több esetben tapasztaltuk, hogy a két évben eltérő hónapban mutathatóak ki ugyanazok a növényfajok (4. táblázat).

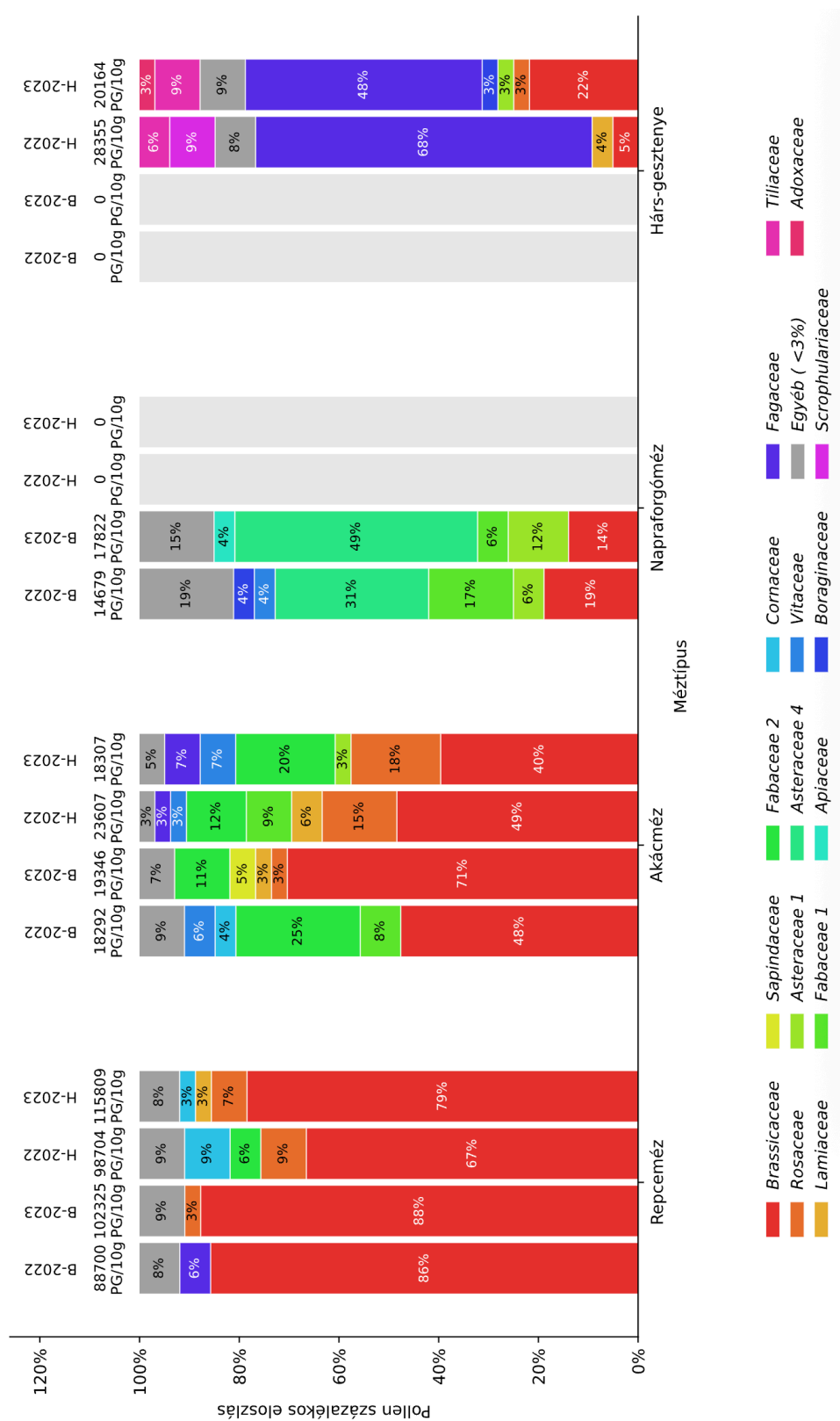
4. táblázat: A vizsgálati évek hatása a harkai agrárerdészeti területek kísérleti méhészetéből gyűjtött pollencsomók mikroszkópos pollenanalízise által beazonosított növénycsaládok jelenlétére a vizsgált hónapokban

Növénycsalád	Harka, 2022.	Harka, 2023.
<i>Lamiaceae</i>	június	július
<i>Asteraceae</i> ¹	július	áprilistól szeptemberig
<i>Vitaceae</i>	június	június, július

Míg a bajnai minták esetében általában egy hónappal később voltak kimutathatóak ugyanazon növénycsaládok a mintákban, addig a harkai minták virágzása nagyobb időintervallumot foglalt magába (4. táblázat).

4.1.2 A harkai és a bajnai minták összehasonlítása a mézminták alapján

A 4.1.1 pontban ismertetett pollencsomók vizsgálatát követően az ugyanazon évekből (2022, 2023) és területekről (Bajna, Harka) származó mézek mikroszkópos pollenanalízisét is elvégeztük annak érdekében, hogy összehasonlítsuk a méhek által látogatott növénycsaládok összetételét, feltárjuk az esetleges különbségeket, valamint pontosabb képet kapjunk a nektárt adó növények fajgazdagságáról (9. ábra).



9. ábra: A harkai és a bajnai agrárerdészeti terület kísérleti méhészetéből 2022-ben és 2023-ban gyűjtött mézminták mikroszkópos pollenanalízisének eredményei az egyes növénycsaládok szerinti megoszlásban (A diagramon az oszlopok az egyes mézminták növénycsalád összetételét ábrázolják százalékos eloszlásban, az oszlopok tetején található számok azt jelzik, hogy az „egyéb <3%” kategórián kívül hány különböző növénycsalád volt jelen az adott mintában. A H, és B jelölések az agrárerdészeti területek (Harka és Bajna) rövidítése. A 2022 és a 2023 pedig a gyűjtés évét szemléltetik.)

A 9. ábrán, valamint a 11. és 12. mellékletben jól látszik, hogy a harkai területről mindkét vizsgálati évben repce, akác, valamint hárs-gesztenye mézet, míg a bajnai méhészet esetében pedig repce, akác és napraforgó mézmintákat gyűjtöttünk. A pollenanalízis során beazonosított növényfajokat ugyanazokba a növény család kategóriákba soroltam be, mint a pollencsomókból végzett analízis esetében.

A bajnai repcemézek mindkét évben 2-2 növény család pollenjét tartalmazták az egyéb kategórián kívül, de míg 2022-ben a *Brassicaceae* fajok mellett a *Fagaceae* család volt kimutatható, addig 2023-ban a *Rosaceae*. A két vizsgálati évben szinte ugyanakkora százalékban volt jelen a *Brassicaceae* pollen (86% és 88%).

A harkai méhészetből származó repcemézek fajgazdagabbak voltak, mint a bajnaiak. Mind a 2022-es, mind a 2023-as évben három főbb növény család volt kimutatható a *Brassicaceae* kategórián kívül. Hasonló volt a *Rosaceae* és a *Cornaceae* család aránya mindkét vizsgálati évben, azonban míg 2022-ben a *Fabaceae* család volt még kimutatható a mintában (ami valószínűleg az akác előbb bekövetkezett virágzásával magyarázható), addig 2023-ban a *Lamiaceae* fajok látogatták a méhek.

A mézek pollenanalízisének elvégzése során nemcsak a Louveaux 1978-as relatív gyakorisági osztályba sorolás alapján értékeltük a pollentípusokat, hanem Maurizio nyomán-IHC 2014-es előírásai szerint a reprezentációs osztályba sorolásukat is feltüntettünk a 9. ábrán:

- I. osztály: kisebb, mint 20.000 PG/10 g, fajtamézek, alulreprezentált pollennel
- II. osztály: 20.000-100.000 PG/10 g, a legtöbb virágméz, édesharmatméz és keverékük, normálreprezentált pollennel
- III. osztály: 100.000-500.000 PG/10 g, fajtamézek felülreprezentált pollennel, édesharmatmézek
- IV. osztály: 500.000-1.000.000 PG/10 g, fajtamézek erősen felülreprezentált pollennel, néhány préselt méz
- V. osztály: nagyobb, mint 1.000.000 PG/10 g, préselt mézek

A PG rövidítés a Pollen Grain = pollenszemcse kifejezésre utal, így az egyes osztályokban megadott szám azt mutatja meg, hogy hány darab pollenszemcse található 10 gramm vizsgált anyagban, jelen esetben a mézben.

A két vizsgált területről származó repcemézek mindegyike kimagasló PG/10g értéket mutatott, ami arra utal, hogy a minták olyan növényről származnak, amely pollenje a mintákban felülreprezentált. Érdekes megfigyelés, hogy bár a bajnai mézekben a repcepollen aránya magasabb, ezek összességében alacsonyabb pollenszemcseszámot tartalmaznak, mint a harkai területről származó minták. A két terület mézeinek közös jellemzője, hogy a 2022-es évben alacsonyabb pollenszámot mutattak, mint a 2023-as évben, ami évről-évre köthető különbségekre utalhat.

Az akácmézek esetében jóval nagyobb különbségek mutatkoznak, mind a különböző vizsgálati évek, mind a területek vonatkozásában.

Általánosságban elmondható, hogy akácméz esetében is a bajnai területről származó minták mutattak kisebb fajgazdagságot. A bajnai akácmézben mindkét vizsgálati évben összesen 5-5 jelentősebb növény család található meg, de míg 2022-ben *Brassicaceae*,

Fabaceae1, *Cornaceae* és *Vitaceae* fajok találhatóak a *Fabaceae2* mellett, addig 2023-ban *Brassicaceae*, *Poaceae*, *Lamiaceae* és *Sapindaceae*. Nagy különbség még, hogy míg 2022-ben magas az akácpollen százalékos aránya (25%), addig 2023-ban mindössze 11%, amely az előírt határérték alatt van. Továbbá 2023-ban jelentős a *Brassicaceae* család aránya is a mézben (71%). Ugyanakkor mindkét esetben 20.000PG/10 g alatt van a reprezentációs osztályba sorolás, amely tovább bonyolítja a méz fajtajellegét. Az akác biztosan jelen van a mézben és jelentős lehet a nektárhozama is, de a pollendaránya nem domináns. Bár a pollenanalízis százalékos aránya a *Brassicaceae* családot mutatja dominánsnak, ez nem feltétlenül jelenti, hogy a nektár is főként repceből származik. Ugyanis a repce nagyon sok pollent termel és a mézbe könnyen belekerülhet a fiasítás táplálására szánt pollen is.

A harkai méhészetből származó akácmézek 2022-ben a *Fabaceae2* növény család pollenjein kívül *Brassicaceae*, *Rosaceae*, *Lamiaceae*, *Fabaceae1*, *Vitaceae* és *Fagaceae* virágporszemeket tartalmaztak még, míg 2023-ban *Brassicaceae*, *Rosaceae*, *Asteraceae1*, *Vitaceae* és *Fagaceae* fajokat. Érdekes, hogy ellentétben a bajnai mézek eredményeivel, itt a 2022-es mintában voltak jelen alacsony pollenszázalékban (12%) a *Fabaceae2* fajok, amely nem éri el a jogszabályban előírt arányt, addig 2023-ban 20% volt ez az érték. Továbbá itt a 2023-as akácméznek 20.000PG/10 g alatt van az abszolút pollenszáma, ugyanakkor a 2022-es méz meghaladja ezt (23.607PG/10g).

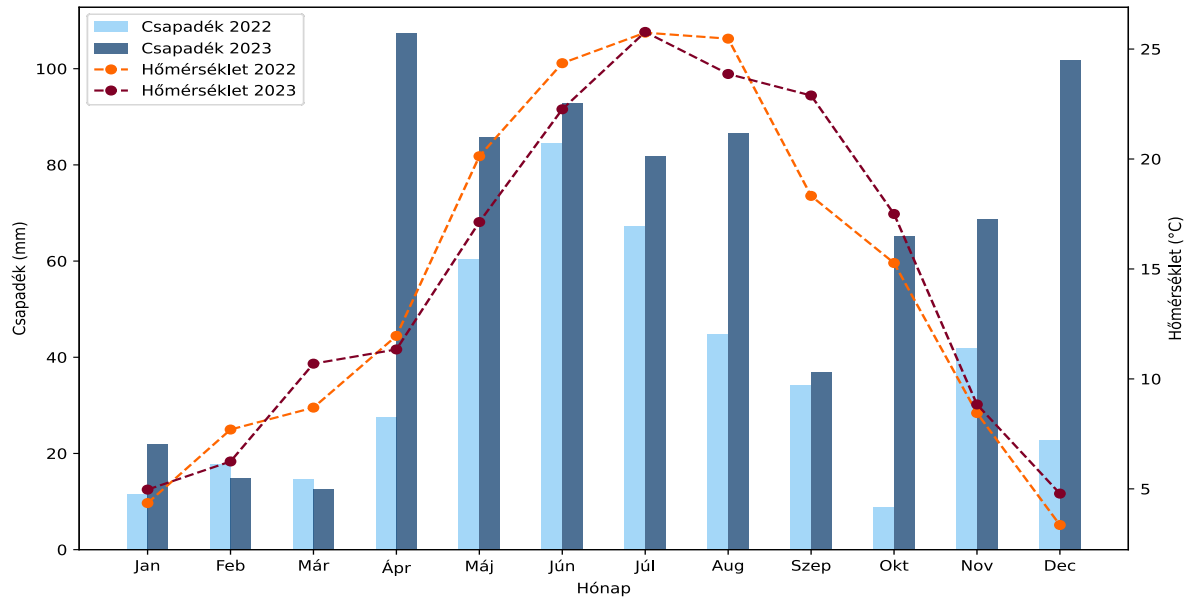
A harmadik alkalommal (július) pergetett mézeket csak évek alapján tudjuk összehasonlítani, ugyanis mivel Bajnán napraforgómézet készítenek a méhek, addig Harkán hárs-gesztenyét.

A napraforgóméz 2022-ben összesen hat növény család pollenjét tartalmazta 3% feletti arányban (*Brassicaceae*, *Asteraceae1*, *Fabaceae1*, *Asteraceae4*, *Vitaceae*, *Boraginaceae*), míg a 2023-ban pergetett méz öt növény családot (*Brassicaceae*, *Asteraceae1*, *Fabaceae1*, *Asteraceae4*, *Apiaceae*). Érdekes, hogy az eddigi eredményekhez képest szokatlanul magas az „Egyéb” növény családok aránya a mézben (19%, 15%). Az első vizsgálati évben a napraforgó pollen 31%-ban volt jelen a mintában, míg a második vizsgálati időszakban ez az érték 49% volt. Az IHC (International Honey Commission) alapján a monfloralis napraforgóméznek legalább 45% napraforgópollent kell tartalmaznia, így az első évben pergetett méz inkább napraforgó jellegű vegyes virágméz.

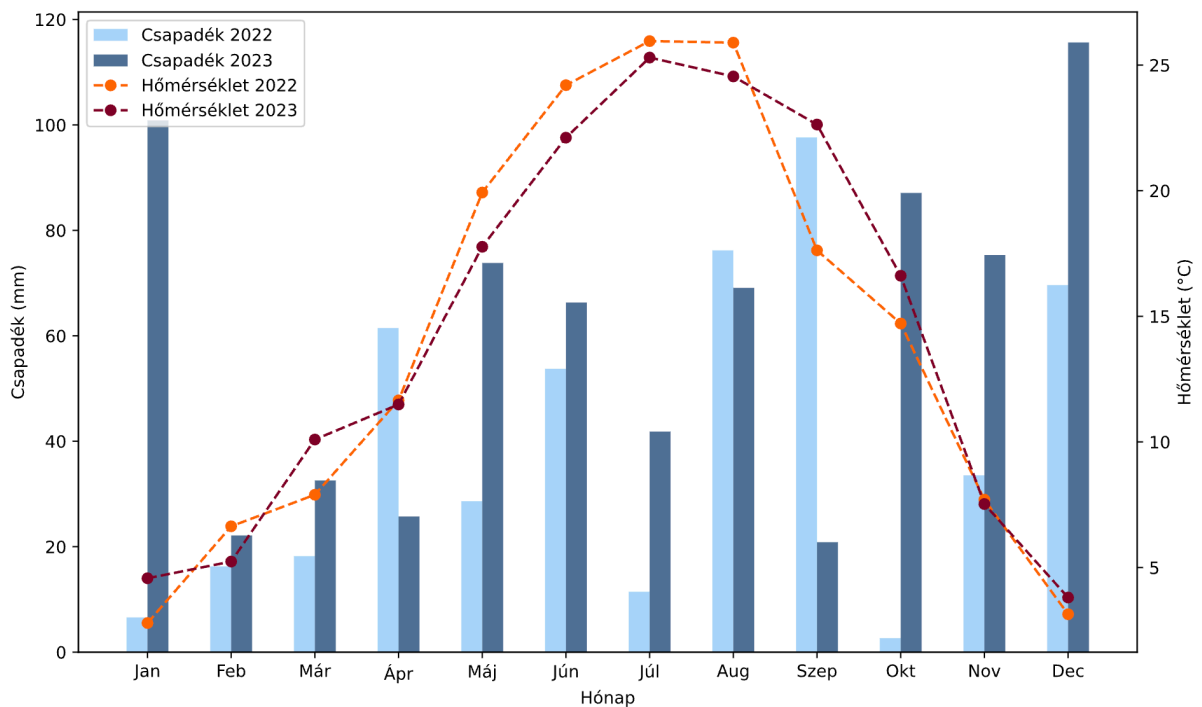
A harkai méhészetből júliusban pergetett méz összetétele eltéréseket mutat a két vizsgálati évben. Míg 2022-ben összesen 4 növény család volt 3% felett kimutatható a mintában (*Brassicaceae*, *Lamiaceae*, *Fagaceae*, *Tiliaceae*), addig 2023-ban hét (*Brassicaceae*, *Poaceae*, *Asteraceae*, *Boraginaceae*, *Fagaceae*, *Tiliaceae*, *Adoxaceae*). Összességében a második vizsgálati év jóval fajgazdagabb volt. A mézet azért soroltuk a hárs-gesztenye kategóriába, mert bár a pollenanalízis százalékos értéke gesztenyemézre utal, addig az egyéb érzékszervi jellemzők erősen mutatják a hárs jelenlétét. Ennek magyarázata lehet, hogy a méhek a gesztenyéről (*Castanea sativa*) sok pollent hordanak, de a nektár nagy része a hársokról (*Tilia spp.*) származik. A hárs alulreprezentált pollenszámmal rendelkezik, emiatt az alacsony pollendarány ellenére is domináns nektárforrás lehet.

A pollencsomókból és a mézmintákból elvégzett mikroszkópos pollenanalízis jelentős eltéréseket mutat, mind a két vizsgálati év, mind a két vizsgálati terület, illetve a méhészeti termékek vonatkozásában. Az összefüggések feltárásához a FORESEE adatbázis segítségével ábrázoltuk a harkai, illetve a bajnai méhészet területére vonatkozó havi átlagos hőmérséklet és csapadék adatokat (10. és 11. ábra), amely alátámasztja a 2022-es és 2023-

as vizsgálati évek, valamint a két földrajzi terület közötti jelentős meteorológiai különbségeket.



10. ábra: A harkai agrárerdészeti terület átlagos hőmérséklet- és csapadékadatai a 2022-es és a 2023-as évben (a FORESEE adatbázis értékei alapján [URL15])



11. ábra: A bajnai agrárerdészeti terület átlagos hőmérséklet- és csapadékadatai a 2022-es és a 2023-as évben (a FORESEE adatbázis értékei alapján [URL15])

Általánosságban elmondható, hogy az éves hőmérsékleti adatok hasonlóan alakultak a két vizsgálati területen. A vegetációs időszak alatt a 2022-es évben magasabb volt a havi átlag hőmérséklet, mint 2023-ban.

Az évek során összességében lehullott csapadék mennyisége közel azonos a két területen, azonban Harkán összességében egyenletesebben oszlott el a hónapok között, mint

Bajnán. A 2023-as évben a csapadékmennyiség 50%-kal meghaladta a 2022-ben mért értéket.

Míg a harkai területen február és március hónapok kivételével minden esetben 2023-ban hullott több csapadék, addig a bajnai terület jóval szélsőségesebb volt (az április és szeptember sokkal csapadékosabb volt 2022-ben), ugyanakkor a méhek fő gyűjtési időszakát tekintve ezen a területen is 2023-ban esett több csapadék. Míg Harka esetében 2023-ban az április és a december volt kiugróan csapadékos, addig Bajnán a január és a december.

A két vizsgálati év eltérő éghajlati trendjei, különösen a hőmérséklet és a csapadék eloszlásának különbségei, feltehetően közvetlen és közvetett módon is befolyásolták az adott területek vegetációjának összetételét. A nedvesebb és esetlegesen hűvösebb 2023-as év más növényfajok dominanciáját vagy virágzási dinamikáját támogathatta, mint a szárazabb és melegebb 2022-es év. Ez a vegetációs diverzitás, illetve a virágzási fenológia változása közvetlenül kihat a beporzók, így a méhek táplálékforrásainak elérhetőségére és minőségére. A pollenanalitikai eredmények ezentikus tényezőkkel való korrelációjának további vizsgálata elengedhetetlen a lokális ökoszisztémák dinamikájának és a méhészet fenntarthatóságának mélyebb megértéséhez.

Általános következtetések a mért eredmények alapján

Az agrárerdészeti területek (Harka, Bajna) kísérleti méhészeteiből gyűjtött pollencsomók mikroszkópos pollenanalízisének eredményei:

- Egy adott területen uralkodó éves időjárási viszonyok számottevő hatást gyakorolnak a méhek számára elérhető nektár- és pollenforrások mennyiségére és eloszlására, ezáltal közvetlenül befolyásolva a gyűjtési lehetőségeket és a méhészeti termékek jellemzőit.
- Az éghajlati szélsőségek, különösen a csapadékhiány, elsősorban a lágyszárú növényfajok virágzására és pollenprodukcójára gyakorolnak jelentős negatív hatást. Ezzel szemben a fásszárú növények ilyen körülmények között is stabil és megbízható pollenforrásként funkcionálnak, ami kiemelt szerepüket hangsúlyozza a méhlegelők fenntartásában kedvezőtlen klimatikus viszonyok esetén is.
- A tavaszi és őszi időszakokra jellemzően alacsonyabb a pollent szolgáltató növényfajok fajgazdagsága, amely korlátozhatja a méhek számára elérhető pollenforrásokat. Tavasszal elsősorban a *Rosaceae* és *Salicaceae* családba tartozó fajok jelentik a fő pollenforrást. Amennyiben *Brassicaceae* fajok – különösen a káposztarepce (*Brassica napus*) vagy a mustárfajok – is virágoznak ebben az időszakban, úgy azok virágzása során számottevő pollenbegyűjtésre lehet számítani. Ősszel a legjelentősebb pollenforrásokat elsősorban a borostyán (*Hedera helix*) és az aranyvessző (*Solidago spp.*) fajok adják. Ugyanakkor a természetközeli mezőgazdasági gyakorlatban egyre nagyobb teret nyerő zöldítési programok keretében telepített méhlegelők, valamint a keresztesvirágú és pillangós fajok árvakelései és másodvirágzásai szintén számottevően hozzájárulnak a begyűjtött pollencsomók összetételének alakulásához.
- A nyári időszakra jellemző magas fajgazdagság diverzifikált pollengyűjtési preferenciákat eredményez a méhek részéről. Ugyanakkor az adott év időjárási viszonyai – különösen a hőmérséklet és a csapadékeloszlás – jelentős mértékben befolyásolhatják a növényfajok virágzásának intenzitását és időzítését, ezáltal a méhek számára elérhető pollenforrások mennyiségét és összetételét is.

Az agrárerdészeti területek (Harka, Bajna) kísérleti méhészeiből gyűjtött mézminták mikroszkópos pollenanalízisének eredményei alapján az alábbi általános következtetéseket vontuk le:

- A mézmintákból izolált pollenszemcsék mikroszkópos analízise alapján megállapítható, hogy a méhek nektárgyűjtési preferenciái eltérhetnek a pollenforrásokra vonatkozó adatokból levonható következtetésektől. Általános tendencia, hogy a nagyobb növényi diverzitással rendelkező területekről származó mintákban a domináns, preferált növényfajok pollenje mellett gyakrabban fordulnak elő kisebb mennyiségben jelen lévő, ritkább pollenszemek is. Ez arra utalhat, hogy a méhek a nektárgyűjtés során több növényfaj virágát is látogatják, még akkor is, ha ezek a fajok a pollen szempontból kevésbé jelentősek.
- A vizsgált időszakban gyűjtött mézminták mindegyikében kimutatható volt a *Brassicaceae* családba tartozó, elsősorban *Brassica napus* (káposztarepce) pollen jelenléte, amely a repcefélék elhúzódó, esetenként kvázi folytonos virágzásával hozható összefüggésbe. Ezt a jelenséget jelentős mértékben erősítheti a különböző zöldítési technológiák, például a vetésforgóba illesztett másodvetések vagy takarónövény-keverékek egyre szélesebb körű alkalmazása, amelyek hozzájárulhatnak a repce- és egyéb keresztesvirágú fajok hosszabb ideig tartó virágzási periódusához.
- A repce- és akácmézek pollentartalmának elemzése, valamint az azonos időszakokban gyűjtött pollencsomók százalékos összetételének összehasonlítása alapján megállapítható, hogy a minták többségében a mézek repcepollen-tartalma meghaladja a pollencsomókban mért arányt (5. táblázat). Különösen április hónapban figyelhető meg jelentős eltérés, amikor a mézmintákban detektált repcepollen arány több mint négyszerese volt a pollencsomókban mért értéknek. Ez a különbség a repce, mint nektárforrás preferáltságára utalhat, az alacsonyabb pollengyűjtési intenzitás mellett.

5. táblázat: A harkai és bajnai agrárerdészeti területekről származó pollencsomók és mézek *Brassicaceae* pollen arányának összehasonlítása

<i>Brassicaceae</i> pollen (%)	Pollencsomók gyűjtési ideje			Repce-és akác virágzást követő pergetésű mézek	
	Április	Május	Június	Repce	Akác
Bajna 2022	13%	19%	csak az "egyéb" kategóriában	86%	48%
Bajna 2023	14%	28%	csak az "egyéb" kategóriában	88%	71%
Harka 2022	–	71%	58%	67%	49%
Harka 2023	19%	–	23%	79%	40%

Az általunk vizsgált harkai és bajnai agrárerdészeti területeken gyűjtött méz- és pollencsomó-minták mikroszkópos pollenanalízise alapján mindkét helyszínen jelentős növényfaji diverzitás volt kimutatható, azonban a két mintatípus fajgazdagsági mintázata eltérő képet mutatott. A mézmintákból kinyert pollenösszetétel a harkai területen jelezte a nagyobb növényfaji változatosságot, míg a pollencsomók vizsgálata a bajnai minták esetében mutatott magasabb biodiverzitást. Ez a különbség arra utal, hogy a méhek nektár-

és pollengyűjtési aktivitása nem teljesen fed át, és a két kaptártermék eltérő ökológiai információt hordoz.

A tárgyalt eltérések megértéséhez eredményeinket összevetettük a Magyarország edényes növényeinek online adatbázisával, amelyet a 6. táblázatban számszerűsítve tüntettünk fel.

6. táblázat: A harkai és a bajnai méhészetek röpkörzetében előforduló növényfajok száma a Magyarország edényes növényeinek online adatbázisa alapján

Terület	Röpkörzet	Növényfajok száma
Bajna	3km	635
	5km	757
Harka	3km	548
	5km	834

A mézminták harkai nagyobb diverzitása korrelál a tágabb, 5 km-es röpkörzet magasabb fajszámával (834 faj szemben a 3 km-es 548 fajjal), ami arra utal, hogy a térség heterogénebb, virágokban gazdagabb tágabb környezetének erőforrásait integrálja. Ezzel szemben Bajnán, ahol a 3 km-es röpkörzet fajgazdagabb (635 faj), a pollencsomók mutattak nagyobb diverzitást, hívebben tükrözve a közvetlen környezet aktuális virágzási dinamikáját és a méhek specifikus táplálkozási preferenciáit.

Összességében az eredmények egyértelműen igazolják, hogy a méh-biomonitoring vizsgálatok során mind a méz-, mind a pollenminták gyűjtése és elemzése szükséges a növényfaji sokféleség hiteles becsléséhez. A két mintatípusból származó adatok korrelált értékelése növeli a biomonitoring módszertani megbízhatóságát, és hozzájárul a táji léptékű biodiverzitás pontosabb meghatározásához, valamint a környezeti változások hatásainak érzékenyebb kimutatásához.

4.2. A vizsgált agrárerdészeti területekről származó akác-és repcemézek értékelése

Ebben a fejezetben összesen 58 mézmintát elemeztünk, amelyek közül 20–20 darab a kereskedelmi forgalomban elérhető, akác- és repce fajtaméz volt, emellett pedig 18 darab olyan méz minta is elemzésre került, amelyek agrárerdészeti területekről származtak, szintén akác- és repceeredetűek. Az agrárerdészeti mézek adatai részletesen a 17. ábrán láthatóak.

Kutatásaink egyik fő kérdése, hogy az agrárerdészeti rendszerek jellemzően magasabb fokú biodiverzitása, a komplexebb florisztikai összetétel tükröződik-e a mézek illó szerves vegyületeinek összetételében, valamint potenciálisan egyedi megkülönböztető jelleget alakít-e ki.

E hipotézis ellenőrzésére, illetve a mézek részletesebb jellemzésére célul tűztük ki összesen 58 darab (konvencionális és agrárerdészeti eredetű) méz minta pollen- és VOC profiljának átfogó vizsgálatát. Mind a pollen- mind pedig az illóanyag profilok alapján történő csoportosításhoz, ezáltal a mintázatok feltárásához és a különböző eredetű mézek közötti potenciális különbségek statisztikai értékeléséhez többváltozós adatelemzési módszereket, köztük a főkomponens elemzést (PCA) és a fuzzy-klaszteranalízist alkalmaztuk.

Az agrárerdészeti és kontroll területek tudományosan megalapozott összehasonlításának egyik fontos feltétele, hogy a méhek számára mindkét területtípuson azonos, fő nektárforrást képviselő vegetáció álljon rendelkezésre. Ezen feltétel, valamint a mintavételi lehetőségek korlátai (mintaszám) következtében, a területek közötti érdemi összehasonlítás kizárólag a repce-, illetve az akác vegetációk jelentős arányú előfordulásának esetében volt kivitelezhető.

Feltételezzük, hogy a szabványoknak megfelelő akácméz (*Robinia pseudoacacia* L.) és a repceméz (*Brassica napus* L. var. *napus*) összetétele alapján megkülönböztethető egymástól attól függően, hogy konvencionális mezőgazdasági, vagy agrárerdészeti rendszerekből származnak. Valószínűsítjük továbbá, hogy az agrárerdészeti rendszerek eltérő biodiverzitása és florisztikai környezete szignifikánsan befolyásolja a méhek által gyűjtött nektár- és pollenforrásokat, ami tükröződik a méz analitikai profiljában.

Hipotézisünk ellenőrzésére és a potenciális különbségek feltárására első lépésként létrehoztunk egy referencia adatbázist ismert botanikai tisztaságú, az európai- és a hazai élelmiszerkönyvi előírásoknak megfelelő akác- és repcemézekből. Ezen referenciaminták karakterisztikus pollenösszetételét mikroszkópos pollenanalízissel határoztuk meg, míg a nektáreredetű összefüggő fajtaspecifikus illóanyag profilokat (VOC) gázkromatográfiás eljárás (GC-MS) segítségével vizsgáltuk. Továbbiakban a részletes pollen- és illatanyag profilokat tartalmazó referencia adatbázist használtuk komparatív alapként az agrárerdészeti területekről származó méz minták analitikai eredményeinek kiértékeléséhez, célzottan keresve a rendszerek közötti szignifikáns és reprodukálható eltéréseket.

Fontos kiemelni továbbá, hogy bár az általunk kihelyezett hat különböző agrárerdészeti területen lévő méhcsaládok termékei földrajzilag jól behatárolható forrásból származnak, addig a kereskedelmi forgalomba kerülő méz minták földrajzi eredete változatosabb, botanikai összetételük azonban sokkal inkább homogén, mint az agrárerdészeti területekről gyűjtött mézeké. Természetesen valószínűleg a nagyüzemi mézekben is kimutathatók egyéb növényfajok pollenjei, ugyanakkor a fő nektárforrás-faj dominanciája miatt a fajtamézek esetében egy meghatározó komponens jellemezheti az összetételt. Ennek következtében a nektáreredet és a kémiai profil is jóval egységesebb lehet a nagyüzemi mézekben, mint az agrárerdészeti mintákban, ahol a változatos növénytársulások miatt heterogénebb botanikai és kémiai összetétel figyelhető meg.

A pollenösszetétel kiértékelése az egyes beazonosított fajok százalékos összetétele alapján történt. Az alsó határ 3% volt, amely beazonosított növénycsaládok ez alá estek,

azokat az egyéb kategóriába soroltam. A VOC esetében pedig azokat a komponenseket vettük figyelembe, amelyek legalább 3 mézmintában előfordultak.

4.2.1 A vizsgált akác-és repce mézminták pollen és VOC összetevőinek értékelése

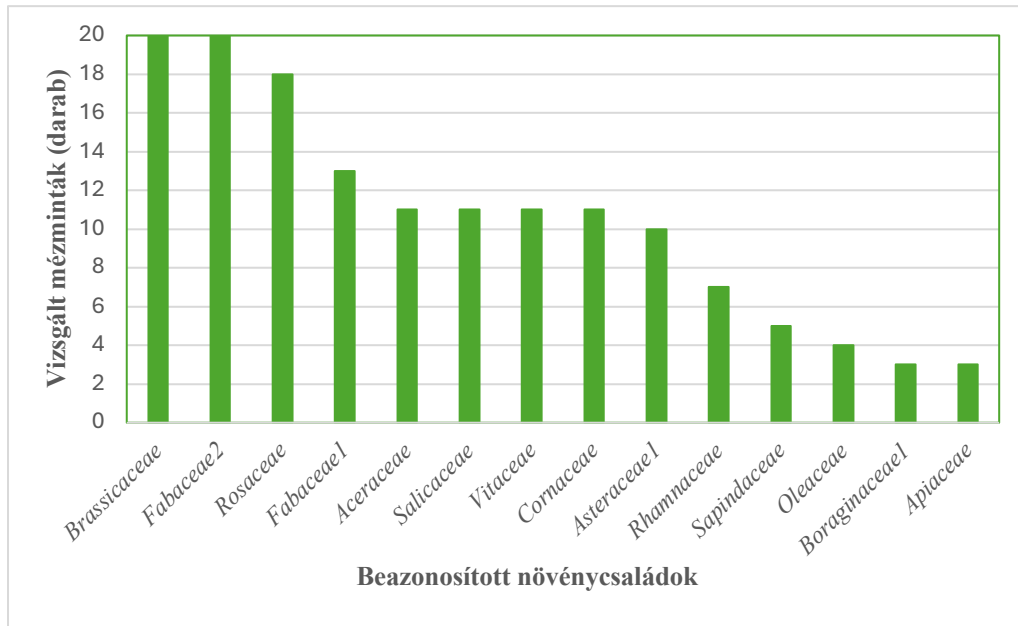
A Kárpát-medencében mind az akácméz, mind a repceméz jelentős gazdasági értékkel bír, azonban jelentősen eltérő fizikai és kémiai tulajdonságokkal rendelkeznek. Az akácméz magas fruktóz-glükóz arányának ($F/G \approx 1,5$) köszönhetően tartósan folyékony állapotban marad, ellentétben a repcemézzel ($F/G \approx 1,0$), amely hajlamos a gyors kristályosodásra (KĘDZIERSKA-MATYSEK ET AL., 2016). Az akácméz presztízsét és kereskedelmi értékét növeli világos színe, finom virágillata és az a tény, hogy az Európai Unió egyik legismertebb és legkeresettebb fajtaméze (SAJTOS ET AL., 2019; SCHIEVANO ET AL., 2019). Jellemzője továbbá a magas nektártartalom melletti alacsony pollentartalom (FARKAS ÉS ZAJÁ CZ, 2007), melyet európai protokollok rögzítenek a minőségbiztosítás céljából. Emellett az akácnektár magas szacharóztartalma miatt a méz szacharóztartalma is magasabb lehet a megengedett szintig (≤ 10 g/100g; 2001/110/EK tanácsi irányelv).

Az elmúlt évtizedekben a repce és az akác virágzási időszakainak átfedése jelentős problémát okoz (SZABÓ ET AL., 2016; PULLENS ET AL., 2019). A pollenben gazdag repcevirágok erősebben vonzzák a méheket, ami az akácvirágzás idején is a repcepollen preferált gyűjtéséhez vezethet, veszélyeztetve az akácméz monoflorális jellegét.

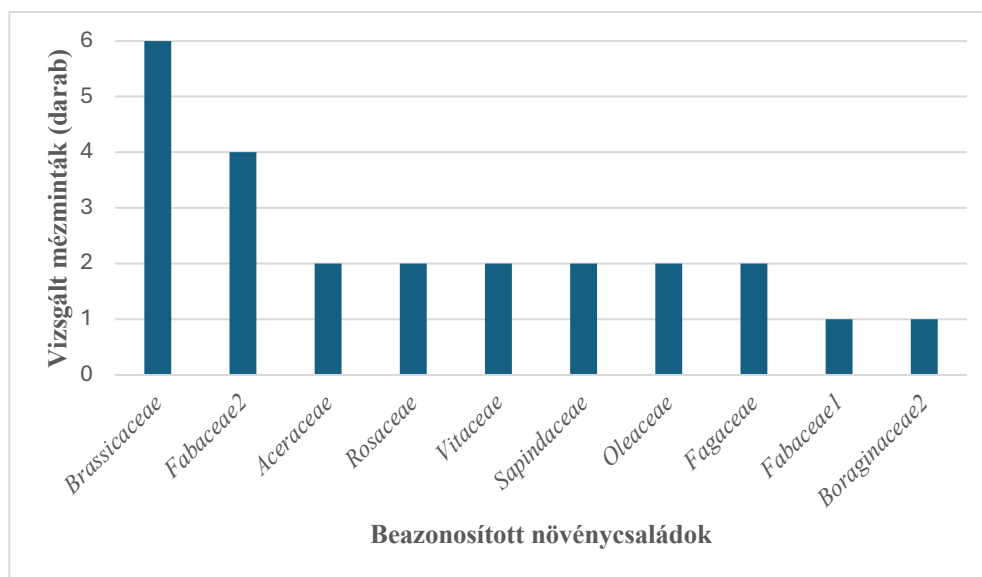
A melisszopalinológiai vizsgálatok egyértelműen kimutatják a repceméz és az akácméz markánsan eltérő pollenprofiljait. A repcemézzre a magas fokú pollenhomogenitás jellemző, ahol a *Brassica napus* pollenje domináns, gyakran meghaladva a 80-90%-os arányt (13. melléklet). Ezzel szemben az akácméz pollenképe heterogénebb és diverzebb, az akácpollen (*Robinia pseudoacacia* L.) aránya alacsonyabb, számos kísérő pollentípussal, tükrözve az akácvirágzás idején egyidejűleg virágzó növények sokféleségét és az akác nektár- és pollenprodukciónak sajátosságait (14. melléklet). Ezen karakterisztikus különbségek alapvető diagnosztikai bélyegek a minőség-ellenőrzés és a botanikai eredet hitelesítése során.

Az általunk vizsgált 20 darab „kontroll” akácmézben kimutatható pollenek a növénycsaládok szélesebb spektrumát képviselik; a mintákban az akácpollenen kívül 4 és 9 közötti számú növénycsaládot azonosítottunk, ami 5,95-es átlagos értéket eredményezett (12. ábra), míg az agrárerdészeti területekről gyűjtött 6 darab akácméz minta esetében 2-4 darab (átlagosan 3 darab) növénycsalád volt megfigyelhető az akácpollenen kívül (13. ábra). Ezzel szemben a repce fajtamézek (20 darab) esetében a repcepollenen kívül ez az érték mindössze 0 és 3 között mozgott (14. ábra), átlagosan 1,4 növénycsaláddal, míg a vizsgált agrárerdészeti területekről gyűjtött 12 darab repceméz esetében 0-és 4 darab (átlagosan 2 darab) növénycsalád volt beazonosítható a repcén kívül (15. ábra).

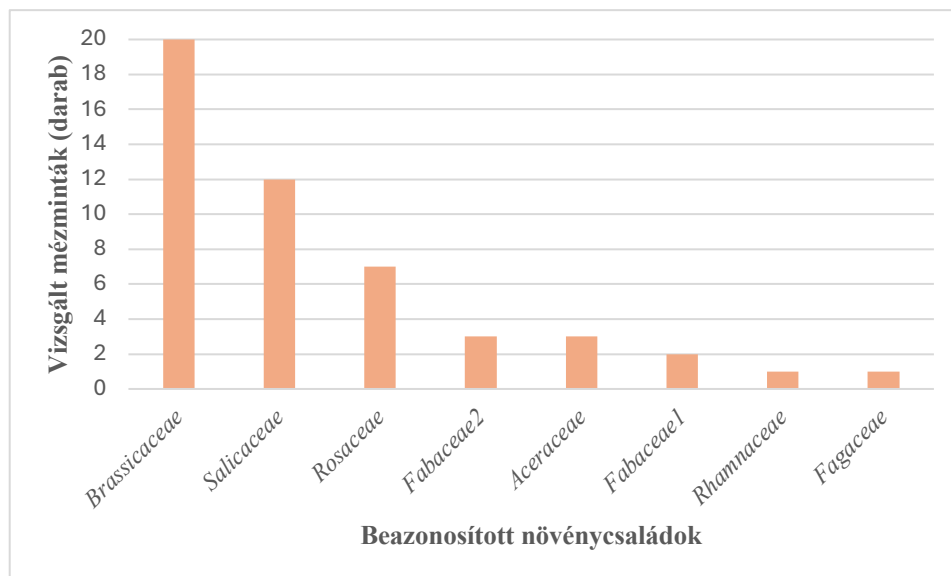
Az „egyéb” kategóriába sorolt, a 3%-ot meg nem haladó összpollen arányt el nem érő növénycsaládokról származó pollenek össz aránya az akác fajtamézek esetén a minták 2–23%-át tették ki, átlagosan 8,65%-os előfordulással, míg a vizsgált agrárerdészeti területekről gyűjtött akácmézek 8-39 %-át (átlagosan 18%) a nagyobb diverzitást mutatják. A repce fajtamézek esetében az egyéb kategóriába sorolt pollenek csupán 1–5%-os arányban (átlagosan 2,75%) voltak jelen, míg a vizsgált agrárerdészeti területekről származó repcemézekben 7-24% (átlagosan 12,75%). Ezek az eredmények arra utalnak, hogy az akácméz botanikai eredetét tekintve lényegesen komplexebb, nagyobb növényökológiai változatosságot tükröz, mint a repceméz. A kontroll akác- és repce fajtamézek, illetve a vizsgált agrárerdészeti területekről származó akác- és repceméz minták mikroszkópos pollenanalízisének alapadatai a 15. mellékletben láthatóak.



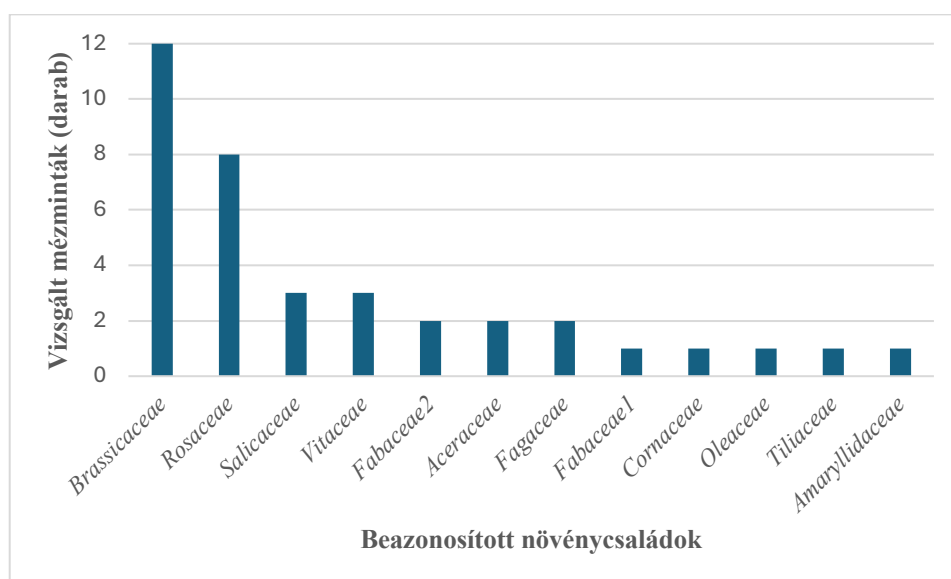
12. ábra: A referenciaadatbázishoz használt kontroll akác fajtamézek mikroszkópos pollenanalízisének eredményei növénycsaládonkénti besorolás szerint



13. ábra: A vizsgált agrárerdészeti akácmézek mikroszkópos pollenanalízisének eredményei növénycsaládonkénti besorolása alapján



14. ábra: A referenciaadatbázishoz használt kontroll repce fajtamézek mikroszkópos pollenanalízisének eredményei növénycsaládonkénti besorolás szerint



15. ábra: A vizsgált agráreredészeti repcemézek mikroszkópos pollenanalízisének eredményei növénycsaládonkénti besorolás alapján

A pollenanalízissel szemben a repcemézek VOC-profiljának nagyobb heterogenitása több tényező komplex kölcsönhatására vezethető vissza. A repce bőséges nektár- és pollentermelése hozzájárul a méz illóanyag-képéhez. Emellett a táj mozaikossága, az eltérő repcefajták (nemesítési vonalak), a változatos termőhelyi viszonyok, az időjárási körülmények, valamint a hosszabb virágzási periódus mind növelhetik a repcemézek közötti VOC-variabilitást, mivel több lehetőséget biztosítanak a méheknek más, kevésbé domináns nektárforrások látogatására. Méhészeti technológiai tényezők, mint például az optimális pergetési időponttól való eltérés, szintén hozzájárulhatnak a repcemézek VOC-profiljának változatosságához a más nektárforrásokból származó anyagokkal való keveredés révén (BERTAZZINI ÉS FORLANI, 2016; KIM ET AL., 2021). Továbbá a méz aktuális érési állapota és a viaszlepek kora és minősége is hatással lehet a mézek VOC profiljára (VYVIURSKA ET AL., 2016; ZHANG ET AL., 2021).

Bár az akác és a repce nektárja magas cukorkoncentrációt érhet el, az akácvirágok képesek nagyobb összmenyiségű cukrot biztosítani virágonként, amit az is alátámaszt, hogy egy méhnek több repcevirágot kell felkeresnie ugyanannyi nektárhozam eléréséhez, mint akácvirágot (HALMÁGYI ÉS KERESZTESI, 1991).

A repce- és az akác mézminták VOC analízise során összesen 138 vegyületet azonosítottunk be. Ezek közül markervegyületeknek azokat a komponenseket tekintettük, amelyek a vizsgált mézminták legalább 70%-ában jelen voltak. E kritérium alapján a 7. táblázatban látható, hogy a repce fajtamézek esetében 20 vegyületet, míg a vizsgált agrárerdészeti területekről származó repcemézek esetében 23 komponenst azonosítottunk. Az akác fajtamézeknél mindössze 10 komponenst, míg a vizsgált agrárerdészeti területekről származó akácmézeknél 23 vegyületet sikerült kimutatni. Ez a különbség 50%-os arány előfordulási arány esetében még hangsúlyozottabb mindkét méztípus esetében. A repce fajtamézeknél így 22, míg a vizsgált agrárerdészeti területekről származó repcemézeknél 34 vegyületet azonosítottunk. Az akác fajtamézeknél 13 komponenst, a vizsgált agrárerdészeti területekről származó akácmézek esetében pedig 33 vegyületet sikerült azonosítani. Ezen eredmények arra utalnak, hogy a méheknek nagyobb a választási lehetősége az agrárerdészeti területeken, amely változatos gyűjtést eredményez.

A két fajtaméz (repce-és akác) közös kémiai profilját mindössze hat, mindkét típusban 70%-ban előforduló markervegyület alkotta és további kettő komponens volt jelen minden vizsgált mézmintában, de eltérő százalékos arányban. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a repceméz – a pollenspektruma szűkösége ellenére – a vizsgált illékony vegyületek szempontjából kémiailag gazdagabb, illetve összetettebb lehet, mint az akácméz, amely megfigyelés ellentétes Plutowska és munkatársai 2011-es, valamint Ciotlaus és munkatársai 2020-as megállapításaival, mivel ők méréseik során a repcemézet találták az illékony szerves komponensek szempontjából szerényebbnek. Megfigyeléseink továbbá rámutatnak arra, hogy a botanikai diverzitás nem biztosítja egyértelműen a kémiai összetétel komplexitását is. A kontroll akác- és repce fajtamézek, illetve a vizsgált agrárerdészeti területekről származó akác- és repceméz minták SPME-GC-MS-sel végzett VOC analízisének alapadatai a 16. mellékletben láthatóak.

7. táblázat: A beazonosított illékony szerves vegyületek (VOC) előfordulási a vizsgált kontroll, illetve agrárerdészeti területekről származó méztípusokban

A VOC vegyületek előfordulási aránya a mézmintákban	Akác		Repce	
	Kontroll fajtamézek	Agrárerdészeti mézek	Kontroll fajtamézek	Agrárerdészeti mézek
70%	10	23	20	23
50%	13	33	22	34

A vizsgált repce-és akácméz (fajtaméz és agrárerdészeti) mintában 70%-ban jelenlévő aromakomponensek:

- cisz-linalool-oxid
- transz-linalool-oxid
- ho-trienol
- Etil-3-fenil-propionát
- 2-metil-propionsav alkil-észtere
- transz- β - damaszcenon

A vizsgált repce-és akácméz (fajtaméz és agrárerdészeti) mintákban, eltérő százalékban jelen lévő vegyületek:

- linalool (vizsgált agrárerdészeti mézekben 70%, kontroll fajtamézekben 50%)
- lilac aldehid (kontroll akác fajtamézekben 50%, a többi vizsgált méztípusban: kontroll repce fajtaméz, vizsgált agrárerdészeti repce- és akácméz 70%)

A cisz-linalool-oxidnak és a transz-linalool-oxidnak ugyanaz a molekulaképlete, de a térbeli elrendezésük különbözik, amely hatással van az illatukra, stabilitásukra, és az érzékszervi tulajdonságokra is. A cisz-linalool-oxid gyakran édesebb, lágyabb, virágosabb illatú, míg a transz-linalool-oxid frissebb, fásabb illatjegyekkel jellemezhető. A cisz-linalool-oxidot az akácméz vegyületeként tartják számon, míg annak enantiomérjét, a transz-linalool-oxidot a gesztenyeméz egyik virágeredet-jelző vegyületeként említik (PANSERI ET AL., 2023).

A ho-trienol egy terpénalkohol, amely hozzájárul a „kellemes édeskés mézes jelleg” kialakulásához. A ho-trienol általában a növényi eredetű illékony szerves vegyület, de a méz érlelése közben is keletkezhet, például más terpének enzimatisz átalakulása révén.

Az etil-3-fenil-propionát észter szintén egy fontos illékony aromaanyag a mézben, amely természetes formában növényi illóanyagként és fermentációs melléktermékként is előfordulhat.

A 2-metil-propionsav alkil-észterei nagyon stabil észter típusú aromaanyagok.

A transz- β -damaszcenon egy karotinoid származék, amely rendkívül alacsony illatplafonnal rendelkezik, így kulcsszerepet játszik a méz aromaprofiljának teltségében és mélységében.

A linalool egy természetes monoterpén-alkohol, amely főként virágos, citrusos érzékszervi tulajdonságokkal jellemezhető.

A lilac aldehid jelenléte valószínűleg azzal magyarázható, hogy a méhek a repce- és akácvirágok mellett más növényeket, többek között orgonát, lonc- bangita-, gyöngyvessző-, galagonya-, cseresznye-, szilva fajokat is meglátogattak. Mivel ez a komponens rendkívül alacsony szagküszöbvel rendelkezik, ezért már kis mennyiségben is megjelenik a méz illatprofiljában. Panseri és munkatársai 2023-as tanulmányukban az akácméz jellemző vegyületeként említik, ezzel némileg ellentétben mi az akác fajtamézek kisebb százalékában mutattuk ki, mint a többi vizsgált méztípus esetében.

A felsorolt vegyületek közül a cisz-linalool-oxidot főként az akácmézek markervegyületeként tartják számon (MACHADO ET AL., 2020; NGUYEN ET AL., 2021), míg a ho-trienolt általában a repceméz aromaanyagaként csoportosítják (KRUŽÍK ET AL., 2019). Ciotlaus és munkatársai (2020) pedig mind a ho-trienolt, mind a linalool-oxidot az akácméz jellegzetes aromáját kialakító vegyületek közé sorolják. Plutowska és munkatársai 2011-es kutatásuk során hasonló arányban mutatták ki a cisz-linalool-oxidot az akác- és repceméz mintákban.

Ennek részben ellentmondva kutatásunk során mi mindkét fajtamézben kimutattuk ezen komponenseket.

Az akác- és repcemézek illékony szerves vegyületeinek (VOC) összetételét számos tudományos publikáció tárgyalja, amely elsősorban e mézfajták nemzetközi népszerűségének és jelentős kereskedelmi értékének köszönhető. A világpiacon ezek a mézek különösen keresettek, ezért kiemelt figyelmet kap tisztaságuk garantálása, valamint az esetleges hamisítások megelőzése. A 8. táblázat a repcemézekre, míg az 9. táblázat az akácmézekre jellemző beazonosított, a releváns szakirodalomban megjelölt illékony vegyületeket foglalják össze.

8. táblázat: A tématerületben megjelent tudományos publikációkban közölt beazonosított illékony szerves komponensek (VOC) a repcemézekben

Irodalom	Beazonosított VOC komponensek a repcemézben
RADOVIC ET AL., 2001	benzaldehyd; aceton; 2-metil-butanal; nonanal; benzil-alkohol
RUISINGER ÉS SCHIEBERLE (2011)	fenilacetaldehyd; 3-metil-butanal; 2,3-butándion; 4-allil-2-metoxi-fenol; 2-metoxi-4-vinil-fenol; (E)- β -damascén
KRUŽÍK ET AL. 2019	ho-trienol; benzaldehyd; 3-metil-butánnitril; 2-feniletanol; nonánsav
MACHADO ET AL., 2020	furfurol; benzaldehyd; 2-metil-butanol; 3-metil-butanol; p-cimén-8-ol; benzoésav; benzil-alkohol; dimetil-diszulfid; 1-nonanol; butirolakton (dihidro-2(3h)-furanon)
CIOTLAUS ET AL., 2020	benzoésav-etil-észter; 1-pentanol-3-metil; 1-butanol-3-metil, 1-pentanol-3-metil; pentánsav, 2-hidroxi-4-metil, etil-észter; transz-linalool-oxid; benzenmetanol, $\alpha,\alpha,4$ -trimetil; orgonaalkohol C; 3-fenil-propanol; 2(3H)-furanon, dihidro-5-propil; dekánsav-etil-észter; tridekánsav, 3-hidroxi, etil-észter; dodekánsav-etil-észter; 2,2,4-trimetil-1,3-pentándiol-diizobutirát; etil-palmitát; etil-oleát
DEREWIAKA ET AL., 2021	Benzaldehyd; 2-metil-butanol; aceton; ho-trienol; nonanal, furfurol; 1-(2,4-dimetil-3-furánil)eténon; linalool-oxid
ZHANG ET AL., 2021	nonanal, benzaldehyd monomer, benzaldehyd dimer

9. táblázat: A tématerületben megjelent tudományos publikációkban közölt beazonosított illékony szerves komponensek (VOC) az akácmézekben

Irodalom	Beazonosított VOC komponensek az akácmézben
PLUTOWSKA ET AL., 2011	benzaldehyd; nonanal; fenilacetaldehyd; heptanal; oktanal; dekanal
ARONNE ET AL., 2014	linalool; cisz-linalool-oxid; ho-trienol; benzil-alkohol; 2-feniletal-alkohol; hexanol; nonanol; 3-pentanol-3-metil; 1-hexanol-2-etil; hexanal; oktanal; nonanal; decanal; 5-hepten-2-on-6-metil
VYVIURSKA ET AL., 2016	α -pinén; mircén; cisz- β -ocimén; 4-terpineol; izoforon; hexánsav, fenol; 1-feniletanol; δ -hexalakton; γ -heptalakton
CIOTLAUS ET AL., 2020	2-furfural-aldehyd; 2-hexen-1-ol; 2-ciklopenten-1-on; 2-hidroxi; lilac aldehyd C; lilac aldehyd D; oktánsav; pinokarvon; mirtenál; dekanal; 5-hidroximetil-furfural; 2-fenilpropenál; 8-hidroxi-linalool; olajsav; benzol (2-izotiocianáto-etil); dimetil-palmitamin; ho-trienol; linalool-oxid
MACHADO ET AL., 2020	cisz-linalool-oxid; 3-metil-3-bután-1-ol; heptanal
PANSERI ET AL., 2023	furfurol; nonanal; benzaldehyd; ho-trienol; linalool; transz-linalool; timol

A jelzőanyagként szolgáló illékony szerves vegyületek (VOC-ok) esetében nemcsak azok jelenléte vagy magas koncentrációja lehet jellemző az adott méztípusra, hanem bizonyos komponensek hiánya is informatív értékű lehet. Radovic és munkatársai (2001) például a fenilacetaldehid hiányát az akácmézek illékony frakciójára jellemző sajátosságként azonosították. Ezzel szemben Plutowska és szerzőtársai (2011) kutatásaik során arra a következtetésre jutottak, hogy a vizsgált mézminták közül éppen az akác- és a hangaméz tartalmazta a legnagyobb mennyiségben ezt a vegyületet, így cáfolva a korábbi állítást.

A repcemézek esetében többek között a rózsaoxid, a linalool-oxid, a furfurool, a fenilacetaldehid (PLUTOWSKA ET AL., 2011), valamint a p-cimén hiányát emelték ki, mint jellemző jegyeket (KRUŽÍK ET AL., 2019).

A szakirodalmi adatok (8. és 9. táblázat) alapján az akác- és repcemézek illékony komponenseinek profilja részben ellentmondásosnak tűnik. E jelenség hátterében valószínűsíthetően a földrajzi eredet szerepe áll, amely jelentős hatást gyakorolhat a VOC vegyületek összetételére és mennyiségére (MÄDAŞ ET AL., 2019).

A repceméz édes, de enyhén dohos, erjedt illatú, ami jól elkülöníti más mézfajtáktól. E sajátos aroma a Brassica növényekre jellemző illó komponenseknek köszönhető. Számos tanulmány (8. táblázat) azonosított olyan VOC vegyületet a repcemézben, amelyek markerként szolgálnak és egyediséget kölcsönöznek ennek a méznek. A 10. táblázat a kontroll repce fajtamézek, illetve a vizsgált agrárerdészeti területekről származó repcemézek illékony szerves komponenseit tartalmazza a minták 50%, valamint 70% feletti előfordulásában (félkövér betűtípus jelzi azokat a vegyületeket, amelyek az adott méztípus 100%-ban kimutathatóak voltak).

A hexánsav egy telített, illékony zsírsav, amely kis koncentrációban hozzájárulhat a méz kellemes aromájához, de nagy mennyiségben kellemetlen, savanykás szagot ad. Repcemézek esetében természetes lehet ez a repcére jellemző aroma, amely a repcenektár sajátos zsírsavprofiljával magyarázható.

A 2-fenil-etanol egy aromás alkohol, amely a repce (Brassica napus) virágaiban is kimutatható, így a méhek a nektárral együtt gyűjtik.

A pinokarvon egy monoterpén keton, amely fás, fenyőszerű, mentolos illattal jellemezhető. A repce (Brassica napus) illóanyag-spektruma tartalmazhat monoterpén-származékokat, amelyekből pinokarvon képződhet oxidációs vagy enzimatiszikus úton, illetve a nektárban előforduló α - és β -pinén vegyületek átalakulása során is létrejöhet.

A repceméz nem tartozik az intenzív aromájú mézfajták közé, ezért az olyan finom illatanyagok, mint az etil-benzoát észter jelentősen javíthatják a méz érzékszervi egyensúlyát növelve édeskés, gyümölcsös jellegét.

A kaprilsav-etil-észter gyümölcsös, ananászra emlékeztető illatjegyekkel jellemezhető, amely általában mikrofermentációs folyamatok révén alakul ki a mézben, mégis hozzájárul kellemes aromájához.

A repce növény (Brassica napus) illékony anyagai között előfordulhatnak alifás aldehidek, mint a dekanal, amely már kis mennyiségben is érezhető citrusos, narancshéjra emlékeztető illatanyag, amely jelentősen hozzájárul a repceméz összetettebb aromaprofiljához. Machado és munkatársai 2020-as tanulmányukban az akácmézek jellemző markervegyületeiként azonosították.

Az etil-fenilacetát egy fontos illékony aromaészter, mivel már kis mennyiségben is nagyon intenzív az illata, így jelentősen hozzájárul a méz édeskés illatának kialakulásához.

10. táblázat: Az általunk beazonosított illékony szerves vegyületek (VOC) a kontroll repce fajtamézek, valamint a vizsgált agrárerdészeti területekről származó repceméz minták 50%, illetve 70% feletti előfordulásában

A VOC vegyületek előfordulási aránya a mézmintákban	Repcemézek	
	Kontroll fajtamézek	Agrárerdészeti mézek
70%	<ul style="list-style-type: none"> - hexánsav - cisz-linalool-oxid - transz-linalool-oxid - ho-trienol - feniletil-alkohol - lilac aldehid - pinokarvon - benzoészav-etil-észter - oktánsav-etil-észter - dekanal - benzoészav - 3,5,5-trimetil-2-hidroxi-1,4-ciklohexadion-2-én - etil-fenil-acetát - nonánsav - karvakrol - eudezmén származék - benzol-propánsav-etil-észter - 2-metil-propionsav alkil-észtere - transz- β- damaszcenon - bisabolol-oxid 	<ul style="list-style-type: none"> - 3-metil-pentánsav - hexánsav - benzil-alkohol - cisz-linalool-oxid - transz-linalool-oxid - linalool - ho-trienol - feniletil-alkohol - lilac aldehid - pinokarvon - dekanal - benzoészav - 3,5,5-trimetil-2-hidroxi-1,4-ciklohexadion-2-én - etil-fenil-acetát - nonánsav - timol - eudezmén származék - benzol-propánsav-etil-észter - 2-metil-propionsav alkil-észtere - transz- β- damaszcenon - bisabolol-oxid - propánsav észter - β-elemén
50%	<ul style="list-style-type: none"> - linalool - butil-hidroxi-toluol 	<ul style="list-style-type: none"> - hexánsav-etil-észter - benzoészav-etil-észter - oktánsav-etil-észter - karvakrol - 2,4-di-terc-butyl-fenol - transz-limonén-oxid - L-α-terpineol - α-izoforon - citronellsav - benzaldehid - 2-metil-vajsav

A benzoésav egy aromás karbonsav, amely a növények fenolos anyagcseréjének természetes része. Bár a benzoésav nem illékony vegyület, így közvetlenül nem járul hozzá a repceméz illatához, ugyanakkor antimikrobiális hatása révén gátolja a mikroorganizmusok szaporodását, növelve ezzel a méz természetes tartósságát.

A repceméz gazdag flavonoid- és fenol-prekursorokban, így gyakran alakulnak ki benne oxidációs vagy fermentációs melléktermékek. Így keletkezik benne 3,5,5-trimetil-2-hidroxi-1,4-ciklohexadion-2-én is. Ez a vegyület egy oxidációs folyamatok indikátora lehet, és bár nem fajtaspecifikus marker, jelenléte hozzájárulhat a repceméz kémiai profiljának megértéséhez.

A nonánsav egy telített karbonsav, amely elsősorban zsírsaveredetű komponens, így jellemzője az olajban gazdag növényeknek, köztük a repcének is.

A karvakrol egy fenolos terpénszármazék, amely gyógynövényes illatjegyeket tartalmaz. Elsősorban az oregánóban és a kakukkfűben van jelen magasabb koncentrációban, így a repceméz esetében valószínűleg környezeti szennyezéssel magyarázható.

A repce (*Brassica napus*) és más keresztesvirágú növények másodlagos metabolitjai között előfordulhatnak prekursor terpének (pl. bisabolén-származékok), amelyekből oxidációval bisabolol-oxid képződhet.

A különböző eudermén származékok, mint szeszkviterpének elsősorban különböző fészkesvirágzatú növényekről származhatnak (pl.: gyermekláncfű).

Az általunk beazonosított repceméz vegyületek közül a 2-fenil-etanol és a nonánsavat Kružik és munkatársai is nagyobb mennyiségben detektálták egy 2019-es tanulmányukban, bár nem tekintették markervegyületeknek.

Az akácméz jellegzetesen édes, viaszos, enyhén savanykás aromájú, ami az illékony szerves vegyületek összetételének köszönhető. Több szakirodalmi forrás (9. táblázat) is foglalkozott már az akácméz fajtaspecifikus illatanyagaival, amelyek segítenek megkülönböztetni ezt a mézfajtát más monoflorális eredetű mézekről. A 11. táblázat a kontroll akác fajtamézek, illetve a vizsgált agrárerdészeti területekről származó akácmézek illékony szerves komponenseit tartalmazza a minták 50%, valamint 70% feletti előfordulásában (félkövér betűtípus jelzi azokat a vegyületeket, amelyek az adott méztípus 100%-ban kimutathatóak voltak).

A 2,4-bisz(1,1-dimetil-etil)fenol természetes összetevőként és szennyezőként is előfordulhat az akácmézekben.

Biológiai eredetre is utalhat ez a vegyület, amely termelődhet mikroorganizmusok metabolitjaként. A fenolos vegyületek hozzájárulnak a méz antioxidáns kapacitásához, valamint antibakteriális és gombaellenes tulajdonságokkal is rendelkeznek hozzájárulva a méz antimikrobiális hatásaihoz, illetve tartósságához, valamint a méz komplex kémiai profiljához, beleértve az aroma-és íz karakterisztikáját is.

Másrészt a 2,4-bisz(1,1-dimetil-etil)fenol utalhat szennyezésre, vagy technológiai problémára és mesterséges beavatkozásra is (pl.: ipari műanyag tárolóedények, csomagolóanyagok).

A transz-limonén-oxid egy terpén-származék, amely aromakomponensként hozzájárul a mézek kellemes, friss, citrusos illatához. Bár elsősorban a hárs jellemző vegyületeként említik (JERKOVIC ÉS KU, 2014), az általunk vizsgált akácmézek szinte mindegyikében jelen volt.

Az izojaszmon egy természetes virágillat komponens, amely általában a világos fajtamézekre jellemző, amelyek enyhén virágos aromaprofillal rendelkeznek.

11. táblázat: Az általunk beazonosított illékony szerves vegyületek (VOC) a kontroll akác fajtamézek, valamint a vizsgált agrárerdészeti területekről származó repceméz minták 50%, illetve 70% feletti előfordulásában

A VOC vegyületek előfordulási aránya a mézmintákban	Akácmézek	
	Kontroll fajtamézek	Agrárerdészeti mézek
70%	<ul style="list-style-type: none"> - cisz-linalool-oxid - transz-linalool-oxid - ho-trienol - benzol-propánsav-etil-észter - 2-metil-propionsav alkil-észtere - transz- β- damaszcenon - 2,4-di-terc-butil-fenol - transz-limonén-oxid - izojazmon - 286-os molekulatömegű propionsav származék 	<ul style="list-style-type: none"> - hexánsav - hexánsav-etil-észter - cisz-linalool-oxid - transz-linalool-oxid - linalool - ho-trienol - feniletal-alkohol - lilac aldehid - pinokarvon - benzoésav - 3,5,5-trimetil-2-hidroxi-1,4-ciklohexadién-2-on - etil-fenil-acetát - nonánsav - benzol-propánsav-etil-észter - benzol-propánsav-etil-észter - transz- β- damaszcenon - 2,4-di-terc-butil-fenol - L-α-terpineol - 286-os molekulatömegű propionsav származék - p-cimén / para-cimén - β-elemén - β-pacsulén
50%	<ul style="list-style-type: none"> - linalool - lilac aldehid - timol 	<ul style="list-style-type: none"> - 3-metil-pentánsav - benzoésav-etil-észter - dekanal - timol - karvakrol - butil-hidroxi-toluol - transz-limonén-oxid - α-izoforon - 8-hidroxi-p-cimén - 10-epi-γ-eudesmol

A propánsav-észterek természetes illó vegyületek, amelyek gyümölcsös, édeskés illattal jellemezhetőek, hozzájárulva az akácméz aromájához. Vizsgálataink alapján pedig fajtaspecifikus aromamarkerek lehetnek.

Vyviurska és munkatársai 2016-ban megállapították, hogy akácmézek esetében a lépet alkotó viasz kora is befolyásolja a méz VOC tartalmát. Öreg, sötét lépben tarolt minták

esetében azonosítottak csak be fenolt, 1-feniletanol, δ -hexalaktont és γ -heptalaktont. Kimutatták, hogy a nyers még fedetlen méz tartalmazza összességében a legtöbb VOC vegyületet. Az érlelési folyamat során csökkent az alkoholok, észterek és terpének száma, változatossága, valamint koncentrációja is a mézmintákban. Ezzel szemben Panseri és munkatársai 2023-ban azt tapasztalták, hogy tárolás során nőtt a beazonosított alkoholok száma és stabil maradt a timol, mint monoterpén-fenol vegyület.

Vizsgálataink során több olyan illékony szerves vegyületet is sikerült beazonosítanunk, melyek a konvencionális területekről származó akác-és repce fajtamézekben nem voltak jelen, de a vizsgált agrárerdészeti területekről származó akác-és repcemézekben kimutathatóak voltak.

Az alábbi vegyületek mindegyike a vizsgált agrárerdészeti területekről származó akác-és repcemézekben is megtalálható volt, ami azt sugallja, hogy ezek a vegyületek az agrárerdészeti környezetre jellemzőek, függetlenül a méz forrásul szolgáló fő növényfajtól:

- β -elemén (mindkét méztípus 70%-ában)
- α -izoforon (mindkét méztípus 50%-ában)
- 3-metil-pentánsav (agrárerdészeti repcemézek 70%-ában, agrárerdészeti akácmézek: 50%-ában)
- hexánsav-etil-észter (agrárerdészeti akácmézek 70%-ában, agrárerdészeti repcemézek 50%-ában)
- L- α -terpineol (agrárerdészeti akácmézek 70%-ában, agrárerdészeti repcemézek 50%-ában)

Az alábbi vegyületek kizárólag vagy túlnyomórészt a vizsgált agrárerdészeti területekről származó repcemézekben fordultak elő, ami repcevetésekhez társuló agrárerdészeti területeken jelenlévő növények specifikus kémiai profiljára utalhat:

- benzil alkohol: a minták 70%-ában
- citronellsav: a minták 50%-ában
- benzaldehid: a minták 50%-ában
- 2-metil-vajsav: a minták 50%-ában

Az alábbi vegyületek túlnyomórészt a vizsgált agrárerdészeti területekről származó akácmézekben fordultak elő, ami az agrárerdészeti területeken előforduló növények egyedi kémiai profiljára utalhat:

- p-cimén: a minták 70%-ában
- β -pacsulén: a minták 70%-ában
- 8-hidroxi-p-cimén: a minták 50%-ában
- 10-epi- γ -eudesmol: a minták 50%-ában

Az agrárerdészeti rendszerekből származó mézek illékony szerves vegyületeinek (VOC) profilja arra utal, hogy ezek a rendszerek gazdagabb és diverzebb növényfajösszetétellel rendelkeznek, mint a konvencionális mezőgazdasági területek. Ez a növényi diverzitás hozzájárulhat a mézek összetettebb kémiai profiljához, amely potenciálisan befolyásolhatja azok élettani, esetlegesen egészségre gyakorolt hatásait is. Számos azonosított VOC vegyület – például a citronellsav és a 10-epi- γ -eudesmol – ismertén rendelkezik antimikrobiális, illetve antioxidáns tulajdonságokkal, amely tulajdonságaik

révén funkcionális komponensekként is értelmezhetők (ELMOSALLAMY ET AL., 2021; NORIEGA ET AL., 2020).

Ezek az eredmények összhangban állnak az agrárerdészet alapvető célkitűzésével, amely ökológiailag gazdagabb, strukturáltabb és fenntarthatóbb mezőgazdasági rendszerek kialakítására törekszik. Az agrárerdészeti mézekben azonosított, kizárólagosan jelenlévő vagy nagyobb gyakoriságú VOC vegyületek – mint például a β -pacsulén, a citronellsav és a 10-epi- γ -eudesmol – potenciális kémiai biomarkerekként szolgálhatnak az ilyen eredetű mézek hitelesítésére és megkülönböztetésére a konvencionális termelésből származó mézeketől. Ez különösen jelentős lehet az élelmiszer-eredetigazolás és minőségbiztosítás szempontjából.

Továbbá, az egyedi VOC-profil hozzájárulhat az agrárerdészeti mézek gazdagabb illat- és íz karakteréhez, ami a fogyasztói érzékszervi megítélés szempontjából szintén értéknövelő tulajdonság lehet. Az egyes vegyületek előfordulási gyakoriságának különbsége az akác- és repcemézek között arra utal, hogy a méhek által gyűjtött nektár és virágpór forrásai eltérőek lehetnek, még ugyanazon agrárerdészeti környezetben is. Ez a fajtaspecifikus kémiai mintázat további lehetőséget kínál az agrárerdészeti eredetű mézek pontosabb típusazonosítására.

4.2.2 A vizsgált agrárerdészeti területekről származó akác- és repceméz minták értékelése a pollenanalízis alapján

Ebben az alfejezetben azt vizsgáljuk, hogy a 4.2.1. pontban bemutatott eredmények alapján a mézminták pollenösszetétele alkalmas-e az agrárerdészeti eredetű és a kontrollterületekről származó minták elkülönítésére.

A PCA eljárás első lépéseként, az eltérő mértékegységekkel és varianciával rendelkező változók esetleges torzító hatásának kiküszöbölése, valamint az összehasonlíthatóság biztosítása céljából a 4.2.1 alfejezetben ismertetett, eredeti adatokat standardizáltuk.

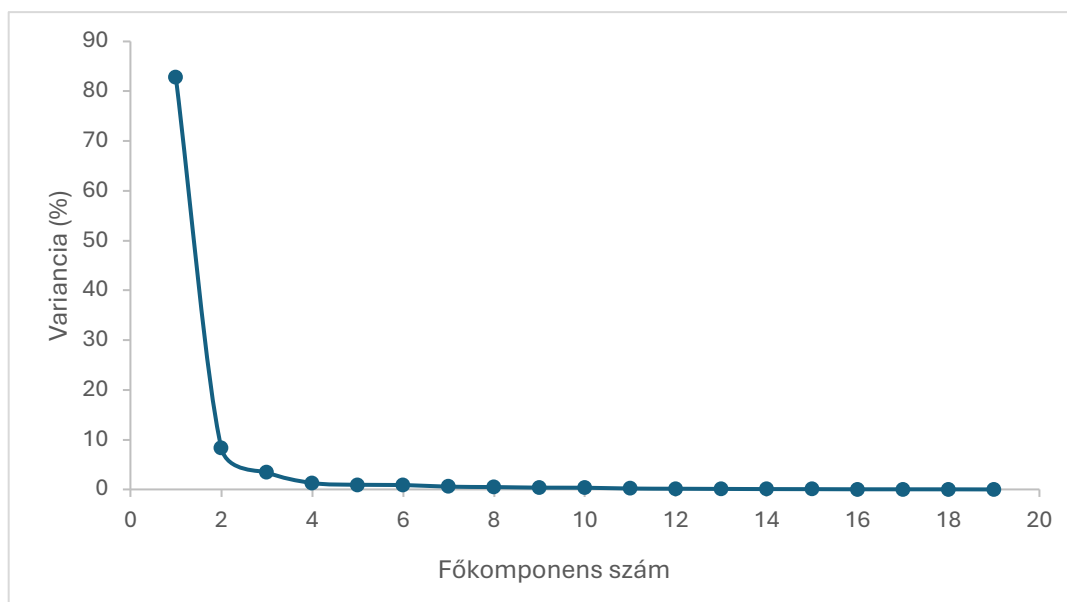
Ezt követően meghatároztuk a standardizált változók közötti lineáris kapcsolatok erősségét és irányát tükröző kovariancia mátrixot. Ebből a mátrixból kiindulva elvégeztük a sajátérték-felbontást, amelynek eredményeként megkaptuk a sajátértékeket és a hozzájuk tartozó ortogonális sajátvektorokat. A sajátvektorok jelölik ki az új, korrelálatlan változók, azaz a főkomponensek irányait a többdimenziós térben, míg a sajátértékek nagysága arányos az egyes főkomponensek által megmagyarázott varianciával, azaz az adathalmazban hordozott információ mennyiségével. A főkomponenseket a hozzájuk tartozó sajátértékek nagysága alapján csökkenő sorrendbe rendeztük. A dimenziócsökkenés érdekében kiválasztottuk az első néhány legnagyobb sajátértékkel rendelkező főkomponenst, amelyek együttesen az eredeti adatok varianciájának jelentős részét reprezentálják, míg a kisebb sajátértékű, és így csekélyebb információval rendelkező főkomponenseket elhagytuk.

Végül az eredeti, standardizált adatokat a kiválasztott főkomponensek által meghatározott új, alacsonyabb dimenziószámú koordináta rendszerbe vetítettük. Az így kapott új adathalmaz kevesebb dimenzióval rendelkezik, de megőrzi az eredeti adatokban jelen lévő legfontosabb mintázatokat és összefüggéseket, lehetővé téve a hatékonyabb adatelemzést és interpretációt.

A PCA-t a referencia repceméz- és akácméz-mintákból, valamint az agrárerdészeti területekről származó, e kétfajtahoz tartozó mézmintákból álló teljes adathalmazra alkalmaztuk, elsődlegesen a két méztípus közötti differenciálódás vizsgálatára (17. melléklet).

A főkomponensek kiválasztásához használt hegyomlás-görbe ("screen plot") alapján megállapítható volt, hogy már az első két főkomponens (PC1 és PC2) együttesen a teljes

variancia több mint 90%-át magyarázta, ami azt jelzi, hogy az adatokban rejlő információ jelentős része hatékonyan reprezentálható egy kétdimenziós rendszerben (16. ábra).



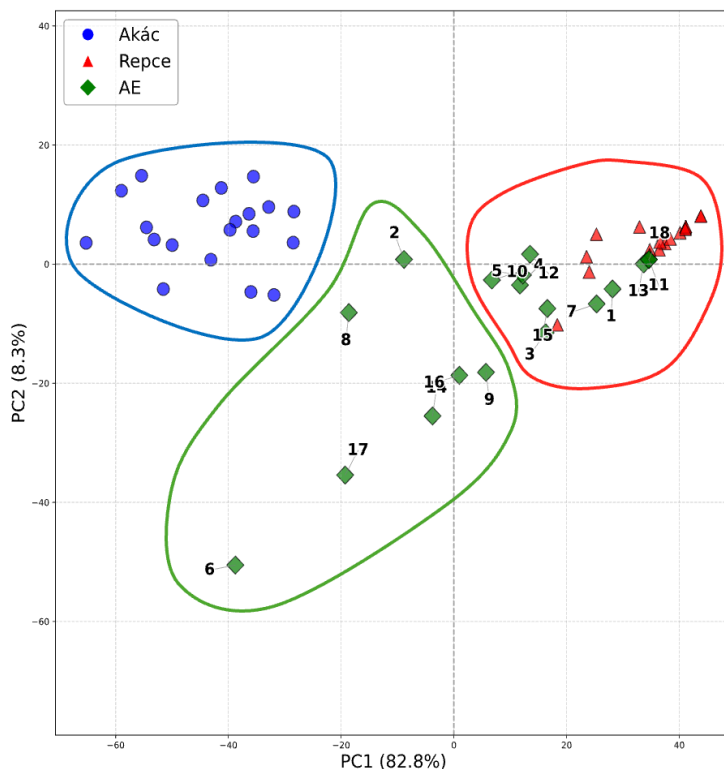
16. ábra: A mikroszkópos pollenanalízis eredményei alapján végzett főkomponens-analízishez (PCA) alkalmazott hegyomlás-görbe, amely a főkomponensek számának meghatározásához szolgált

A főkomponensek által meghatározott kétdimenziós térben (score plot) a minták eloszlása vizuálisan egyértelmű tendenciákat mutatott (17. ábra). A repceméz minták a pollenösszetételük alapján egy viszonylag szűk, jól definiált klasztert alkottak, ami a méztípuson belüli nagyobb homogenitásra utal. Ezzel szemben az akácméz minták nagyobb szóródást mutattak a kétdimenziós térben, jelezve ezen méztípuson belüli heterogénebb pollenprofilokat. Mindazonáltal a két méztípus csoportja – az akácmézek és a repcemézek – összességében világosan elkülönültek egymástól. Ez a megállapítás alátámasztja azt a hipotézisünket, hogy az akác- és repcemézek pollenanalitikai adatok alapján megkülönböztethetők.

A főkomponens-analízis által feltárt, a repce- és akácmézek pollenprofiljában megfigyelhető eltérő homogenitási és variabilitási mintázatok, valamint a két méztípus vizuális elkülönülése (17. ábra), komplex növényökológiai és méhészeti tényezőkkel magyarázhatóak.

A repcemézek általában magasabb pollenhomogenitást mutatnak, ami több okra vezethető vissza. Elsődlegesen a repce (*Brassica napus* L.) mint növény, kiemelkedő nektár- és rendkívül bőséges pollenforrás. A repcevirágok magas pollensűrűsége önmagában is determinálja a méz pollenspektrumát, gyakran elnyomva vagy csökkentve más, egyidejűleg virágzó növények pollenjeinek arányát, ezáltal homogenizálva a pollenképet (HARRIS ET AL., 2024).

Továbbá, a repce a méhek számára extenzív táplálékforrást kínál, különösen a modern mezőgazdasági gyakorlatban elterjedt nagyméretű, monokultúrás táblákon történő tömeges virágzása idején. Ez a „florális bőség” kevésbé ösztönzi a méhcsaládokat arra, hogy a repcéhez képest kisebb mennyiségben és foltokban jelenlévő egyéb virágokat is intenzíven látogassák. Nagy kiterjedésű repcetáblák környezetében a kísérő flóra diverzitása is gyakran alacsonyabb (KHAN ÉS GHRAMH, 2021; DEVI ET AL., 2023).

**AE pontok:**

1. Bajna, repceméz 2022.
2. Bajna, akácméz 2022.
3. Harka, 2021.05.04. méz
4. Harka, 2022.05.15.K méz
5. Harka, 2022.05.15.N méz
6. Harka, 2023.04.20. méz
7. Harka, 2023.05.22. méz
8. Harka, 2023.06.22. méz
9. Harka, 2024.04.28. méz
10. Nagycenk, akácméz 2022.
11. Nagycenk, repceméz 2022.
12. Bajna, akácméz 2023.
13. Bajna, repceméz 2023.
14. SOE, 2022.04. méz
15. SOE, 2022.05. méz
16. SOE, 2022.06.01. méz
17. SOE, 2020.06.17. méz
18. Barbacs, 2023. 05. méz

17. ábra: A főkomponens-analízis (PCA) eredményei alapján a repce-, akác- és agrárerdészeti eredetű mézek pollenprofiljában megfigyelhető eltérő homogenitási és variabilitási mintázatok. A Fuzzy klaszteranalízis segítségével azonosított méztípus-csoportosulások jól elkülönülnek: az akácmézek (kék), a repcemézek (piros), valamint az agrárerdészeti mézek (zöld) klaszterei egyértelműen megfigyelhetők (módosítva az eredeti besorolást)

A repcével ellentétben az akác alulreprezentált pollenszámmal rendelkezik, ugyanakkor rengeteg nektárt termel, ami vonzza a méheket. Ez azt jelenti, hogy a méhek elsősorban a nektárgyűjtésre koncentrálnak az akác virágzásakor, a mézbe így kevesebb akácpollen kerül. Az akác virágzási periódusában a méhek gyakran számos más növényi forrást is intenzíven látogatnak, különösen a család pollenigényének kielégítése és a fiasítás táplálása érdekében. Ennek következtében az akácmézben a kísérő pollenek fajtaszáma és aránya rendkívül változatos lehet, híven tükrözve a gyűjtési terület környező vegetációjának összetételét és a méhek aktuális pollenforrás-preferenciáit, ami az akácméz pollenprofiljának nagyobb diverzitását eredményezi (PAN ET AL., 2012; GIOVANETTI ÉS ARONNE, 2013). Bár az akác virágzása is intenzív, a környező természetes vagy féltérmeztes flóra diverzitása gyakran gazdagabb, mint a tipikus repcetermesztő területeké (GAMRAT ET AL., 2022).

A virágzási időszakok hossza és a méhészeti sajátosságok szintén hozzájárulnak a különbségekhez. Míg a repce virágzása akár 3-4 hétig is elhúzódhat (LESA, 2021), lehetővé téve dominanciájának tartós érvényesülését, addig az akácvirágzás jellemzően rövidebb, körülbelül 10-14 nap alatt lezajlik [URL16]. A rövidebb virágzási idő alatt a méheknek kevesebb idejük van specifikusan akác nektárt és pollent gyűjteni. Egy intenzív, de rövid virágzás esetén, különösen, ha a domináns növény pollenkínálata nem fedezi teljes mértékben a család szükségleteit, a méhek kevésbé specializálódnak egyetlen pollenforrásra (COLLISON, 2018). Ezzel szemben a repce hosszabb virágzási periódusa alatt a domináns és bőséges pollenforrás jelenléte fokozottabban érvényesül. Annak ellenére, hogy a háziméhek alapvetően opportunisták gyűjtőgetők, a rendkívül bőséges és könnyen elérhető forrás, mint amilyen a virágzó repcetábla, akár monodietális vagy oligolektikus gyűjtési magatartásra is ösztönözheti őket (KHAN ÉS GHRAMH, 2021).

A korábban bemutatott, konvencionális termesztésből származó akác- és repcemézek pollenanalitikai elkülönülését követően, vizsgálatainkat kiterjesztettük az agrárerdészeti rendszerekből származó mézmintákra is, hogy felmérjük ezen alternatív gazdálkodási formák hatását a mézek pollenösszetételére. Az általunk vizsgált agrárerdészeti területeken dokumentáltan jelen van az akác (*Robinia pseudoacacia* L.), és e rendszerek jellemzően konvencionális mezőgazdasági művelés alatt álló parcellákkal határosak. Fontos továbbá, hogy minden bevont agrárerdészeti rendszer esetében a méhek gyűjtési rádiuszán belül, a vizsgált időszakban legalább egy, repcével (*Brassica napus* L.) hasznosított mezőgazdasági tábla is elérhető volt. Az agrárerdészeti mézminták gyűjtése minden esetben a feltételezett fővirágzási periódusokban történt.

Ezen agrárerdészeti mézminták pollenanalízisének eredményeit ugyanazon főkomponens-analitikai (PCA) keretrendszerben értékelve megállapítottuk, hogy bár az e rendszerekből származó, feltételezhetően akác- vagy repcedominanciájú mézek bizonyos mértékig elkülönülnek a konvencionális monoflorális csoportoktól, legfőbb jellemzőjük a rendkívül jelentős belső heterogenitás (17. ábra). A PCA score plot vizuális elemzése alapján az agrárerdészeti mézminták – a konvencionális repce- és akácméz csoportokkal összehasonlítva, mintegy harmadik kategóriaként kezelve őket – mutatták a legnagyobb mértékű szóródást; az egyes mintákat reprezentáló pontok a komponens-térben egymástól jelentős távolságra helyezkedtek el.

További megfigyelésként kiemelendő, hogy ez a heterogén agrárerdészeti mézcsoport összességében közelebb helyezkedett el a referencia repcemézek alkotta klaszterhez, sőt, a csoport egyes tagjai esetenként átfedést is mutattak a konvencionális repcemézek által definiált területtel. Ez arra utalhat, hogy az agrárerdészeti környezetben, a rendelkezésre álló vegyesebb flóra ellenére, a repce pollenjének erős jelenléte és befolyása gyakran érvényesül e mézek összetételében.

A főkomponens-analízis (PCA) által feltárt vizuális mintázatok statisztikai megerősítése és az adathalmazban rejlő optimális csoportszám objektív meghatározása érdekében az adatokat Fuzzy (FCM) klaszteranalízisnek vetettük alá. Ez a módszer lehetővé teszi a minták több csoporthoz való, tagsági fokokkal jellemzett hozzárendelését, így finomabb képet adva a csoportstruktúráról. Az elemzés során kritériumként határoztuk meg, hogy minden képződő klaszternek legalább három mintát kell tartalmaznia, mivel a PCA score plot alapján egyes, vizuálisan távol elhelyezkedő mintapontok potenciálisan kis elemszámú vagy outlier csoportokat sejtettek.

Az optimális klaszterszám meghatározásához a Bezdek-féle partíciós együtthatót (Fuzzy Partition Coefficient, FPC) használtuk, ahol a klaszterszámot növelve az FPC értékének első lokális maximuma jelölte ki a legvalószínűbb és legstabilabb csoportfelosztást. A pollenanalitikai adataink esetében az FPC első lokális maximuma három klaszternél ($k=3$) jelentkezett. A négyes klaszterszámra ($k=4$) vonatkozó megoldást elvetettük, mivel az egyik eredményül kapott klaszter nem elégítette ki az előre definiált, minimálisan három elemből álló csoportméret kritériumát.

A Fuzzy analízis $k=3$ klaszterre vonatkozó eredményei (18. melléklet) tovább finomították a PCA alapján tett megfigyeléseinket. A referencia repcemézek és a referencia akácmézek továbbra is két, egymástól jól elkülönülő, átfedés mentes klaszterbe rendeződtek, megerősítve e két méztípus alapvető pollenanalitikai megkülönböztethetőségét. Az agrárerdészeti rendszerekből származó mézminták differenciáltan oszlottak meg. Hét agrárerdészeti minta egy harmadik, mindkét referencia monoflorális típustól (azaz a tiszta akác- és tiszta repceméz klaszterektől) elkülönülő klasztert alkotott. Ez a csoport képviselheti azokat az agrárerdészeti mézeket, amelyek egyedi, a konvencionális típusoktól eltérő pollenprofillal rendelkeznek. Tizenegy agrárerdészeti minta a referencia repceméz klaszterhez mutatott erős affinitást, és az FCM analízis alapján ebbe a csoportba került

besorolásra, alátámasztva a PCA során észlelt tendenciát, miszerint ezen minták pollenösszetétele jelentős mértékben hasonlít a repcemézekéhez (17. ábra).

Ezek az eredmények statisztikailag is alátámasztják, hogy míg a konvencionális akác- és repcemézek pollenprofiluk alapján jól elkülöníthetők, addig az agrárerdészeti mézek heterogén csoportot alkotnak, melynek egyes tagjai önálló klasztert képeznek, mások pedig a repcemézekéhez hasonló pollenösszetételt mutatnak.

A Fuzzy analízis alapján minden vizsgált fajtaméz (akác és repce) a saját kategóriájába sorolható. Ugyanakkor az agrárerdészeti mézek közül 11 darab esik bele a repceméz kategóriába és 7 alkot önálló csoportot. Repcének sorolja a 17. ábrán 1., 3., 4., 5., 7., 10., 11., 12., 13., 15., 18. számokkal jelzett mézmintákat (17. ábra, 18. melléklet).

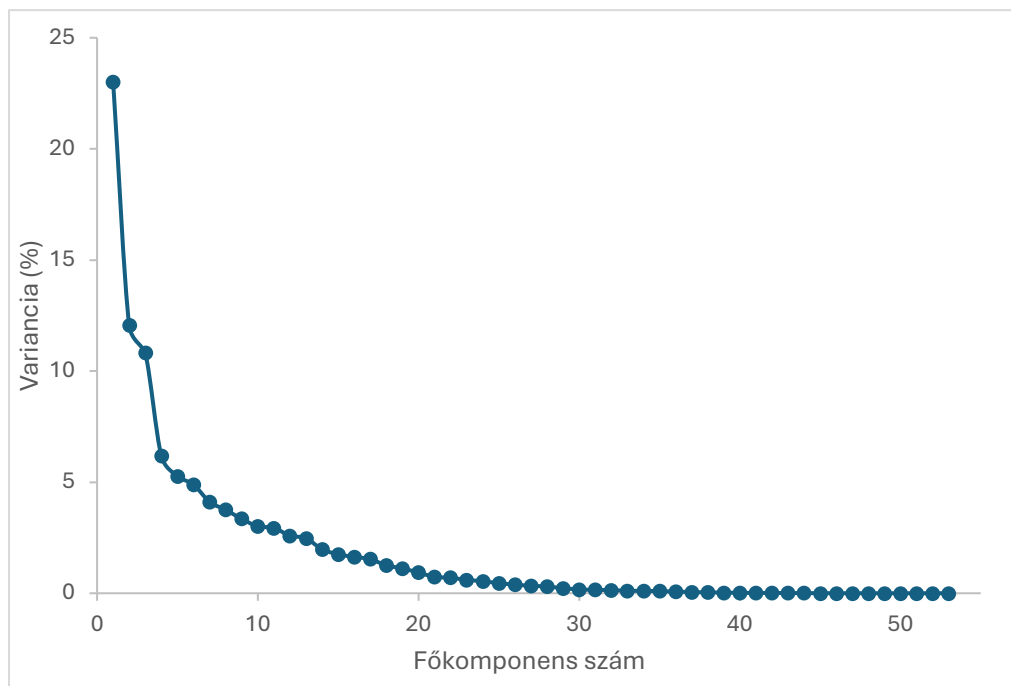
4.2.3 A vizsgált agrárerdészeti területekről származó akác- és repceméz minták értékelése a VOC vegyületek alapján

A mézek átfogó jellemzése és botanikai eredetének pontos meghatározása gyakran több, egymást kiegészítő analitikai módszer együttes alkalmazását teszi szükségessé. Míg a melisszopalinológia a mézben jelenlévő pollenmorfológiai bélyegek alapján biztosít közvetlen információt a méhek által látogatott növényekről, addig az illó szerves vegyületek (VOC – Volatile Organic Compounds) analízise a méz aromaprofiljáért felelős, nektár eredetű vagy a méz érése során képződő kémiai markerekre fókuszál.

A pollenanalízis VOC-vizsgálatokkal történő kiegészítése különösen indokolt lehet olyan esetekben, ahol a pollenkoncentráció alacsony (mint pl. az akácméz esetében), a méz erősen szűrt, vagy ahol a pollenadatok önmagukban nem tesznek lehetővé egyértelmű differenciálást. A két módszer kombinálása így egy robusztusabb, többdimenziós értékelési rendszert kínál a mézek autentikusságának, eredetének és minőségének komplex vizsgálatához.

Ezen megfontolások alapján, valamint a korábbi, pollenanalízisen alapuló eredményeink kiegészítése és megerősítése céljából, a 4.2.1 alfejezetben részletesen jellemzett (konvencionális és agrárerdészeti) repce- és akácmézmintákat – a mikroszkópos pollenösszetétel-vizsgálatot követően – illó szerves vegyület (VOC) analízisnek is alávetettük. E kiegészítő vizsgálat fő kérdése az volt, hogy az illókomponens-profilok alapján a mézminták között hasonló vagy komplementer elkülönülési és csoportosulási mintázatok figyelhetők-e meg, mint amelyeket a pollenadatok elemzése során azonosítottunk. Az SPME-GC-MS analízis során két akácméz minta (51s és a 68s) kizárásra került erjedés miatt. Így összesen 20 repceméz, 18 akácméz és 18 agrárerdészeti méz vizsgálatát hajtottuk végre.

Az illó szerves vegyületek (VOC) profiljának meghatározása során az egyes komponensek azonosítását és megerősítését minden esetben a tömegspektrumokban detektált karakterisztikus molekula- és bázisionok együttes, igazolt jelenléte alapján végeztük, összhangban az alkalmazott automatizált kvalitatív analitikai szoftver által szolgáltatott minőségi paraméterekkel és könyvtári egyezésekkel.

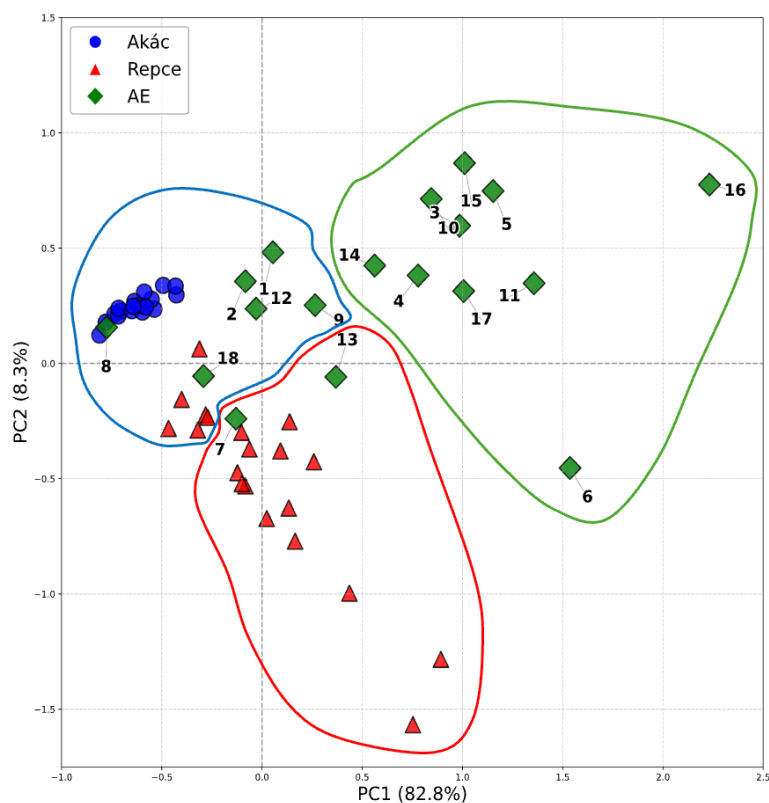


18. ábra: A VOC analízis eredményei alapján végzett főkomponens-elemzés (PCA) alkalmazott hegyomlás-görbe, amely a főkomponensek számának meghatározásához szolgált

Az illó szerves vegyületek (VOC) adatsorának főkomponens-analízise (PCA) során a hegyomlás-ábra (screen plot) értékelése alapján az első négy főkomponens (PC) bizonyult relevánsnak a további elemzések szempontjából (18. ábra). Ez a négy főkomponens együttesen az eredeti VOC-adatokban rejlő teljes variancia 52%-át magyarázta (19. melléklet). A főkomponens-térben (score plot) ábrázolt minták vizuális értékelése alapján az agrárerdészeti rendszerekből származó mézek mutatták a legnagyobb mértékű heterogenitást, azaz a legszélesebb körű szóródást, szemben a konvencionális akác- és repcemézekkel.

A mintákban azonosított összes VOC-t tartalmazó adatállományra építve a főkomponens-analízist (PCA) egy változószelekciós stratégia keretében, több lépcsőben hajtottuk végre a mézminták közötti potenciális különbségek feltárására és a diszkriminatív illóanyag-profilok azonosítására. Első lépésként az összes (138 darab) azonosított illókomponenst, mint változót, bevontuk a PCA modellbe. Ezt követően, a modell robusztusságának növelése, a zaj csökkentése és a releváns, csoportképzésért felelős változók kiemelése céljából a változók számát fokozatosan redukáltuk, először egy 61 változót tartalmazó alcsoportra. Végül egy további, 53 gondosan kiválasztott illókomponenst tartalmazó adatmátrixon is elvégeztük a PCA-t.

A különböző változószámokkal futtatott PCA modellek összehasonlítása alapján a leinformatívabb és legtisztább csoportosulási mintázatot az 53 változóra optimalizált modell szolgáltatta. Ezt a következtetést mind a főkomponens-térben (score plot) megfigyelhető mintaeloszlás vizuális értékelése – beleértve a csoportok elkülönülésének mértékét és a klasztereken belüli homogenitást (19. ábra) –, mind pedig a főkomponensek által magyarázott variancia arányát és a releváns komponensek számát jelző hegyomlás-ábra (screen plot) (18. ábra) alapos elemzése együttesen támasztotta alá. Ez az 53 illékony szerves vegyületből álló csökkentett változókészlet képviselte tehát a további értékelések alapját képező optimális illóanyag-profil.



AE pontok:

1. Bajna, repceméz 2022.
2. Bajna, akácméz 2022.
3. Harka, 2021.05.04. méz
4. Harka, 2022.05.15.K méz
5. Harka, 2022.05.15.N méz
6. Harka, 2023.04.20. méz
7. Harka, 2023.05.22. méz
8. Harka, 2023.06.22. méz
9. Harka, 2024.04.28. méz
10. Nagycenk, akácméz 2022.
11. Nagycenk, repceméz 2022.
12. Bajna, akácméz 2023.
13. Bajna, repceméz 2023.
14. SOE, 2022. 04. méz
15. SOE, 2022. 05. méz
16. SOE, 2022. 06.01. méz
17. SOE, 2020.06.17. méz
18. Barbacs, 2023. 05. méz

19. ábra: A főkomponens-analízis (PCA) eredményei alapján a repce-, akác- és agrárerdészeti eredetű mézek VOC profiljában megfigyelhető eltérő homogenitási és variabilitási mintázatok. A Fuzzy klaszteranalízis segítségével azonosított méztípus-csoportosulások jól elkülönülnek: az akácmézek (kék), a repcemézek (piros), valamint az agrárerdészeti mézek (zöld) klaszterei egyértelműen megfigyelhetők (módosítva az eredeti besorolást)

A mézminták illó szerves vegyület (VOC) tartalmának főkomponens-analízise (PCA) alapján megállapítható, hogy a vizsgált repce- és akácmézek, hasonlóan a pollenanalitikai eredményekhez, elkülönülnek egymástól. Érdekes módon azonban, ahogy a 19. ábrán is jól látszik a VOC-profilok alapján kirajzolódó csoportosulási mintázat a két méztípus belső homogenitását tekintve ellentétes képet mutatott a pollenalapú PCA eredményeihez képest. Az akácmézek illóanyag-összetétele alapján jóval nagyobb homogenitást, míg a repcemézek illóanyag-profilja számottevően nagyobb szóródást (heterogenitást) mutatott.

Ez az eredmény az akácmézek esetében azzal magyarázható, hogy az akácvirág (*Robinia pseudoacacia L.*) kiemelkedően gazdag és vonzó nektárforrás, amelyre a méhek a virágzási periódusban jellemzően erősen összpontosítanak. Mivel az akácvirág pollenkínálata és ennek következtében a méz pollensűrűsége is relatíve alacsony, az akácméz illóanyag-profilját elsősorban az akác nektárjából származó, karakterisztikus VOC komponensek dominálják. Bár az akácnektár összetétele bizonyos mértékben változhat a különböző termőhelyi adottságok és az évszaki (időjárási) hatások függvényében, az akác, mint domináns nektárforrás konzisztens jelenléte viszonylag egységes, jól felismerhető VOC profilt eredményez a különböző területekről származó tiszta akácmézekben.

A PCA által sugallt csoportosulási tendenciák statisztikai megerősítésére és a minták objektívebb klasszifikációjára Fuzzy (FCM) klaszteranalízist alkalmaztunk a VOC adatokra. A Fuzzy analízis $k=3$ klaszterre vonatkozó eredményei (20. melléklet) megerősítették, hogy a referencia akácmézek VOC-profiljuk alapján egy jól elkülönült, homogén klasztert

alkotnak. A referencia repcemézek esetében az FCM érdekes mintázatot tárt fel: míg a minták többsége egy különálló repceméz-klaszterbe tömörült, öt eredetileg repcemézként deklarált minta illóanyag-összetétele alapján az akácméz klaszterbe került besorolásra. Ez arra utal, hogy ezen specifikus repcemézminták VOC-profilja jelentős hasonlóságot mutatott az akácmézekével. Az agrárerdészeti mézminták illóanyag-profil alapján történő klasszifikációja során két agrárerdészeti minta (7., 13.) a főként referencia repcemézek által dominált klaszterhez mutatott erős affinitást, hat agrárerdészeti minta (1., 2., 8., 9., 1., 18.) az akácmézek klaszterébe került besorolásra, jelezve, hogy VOC-profiljuk az akácmézekéhez állt közelebb, míg tíz agrárerdészeti minta (3., 4., 5., 6., 10., 11., 14., 15., 16., 17.) egy önálló, mindkét fő monoflorális típustól (akác és repce) elkülönülő, harmadik klasztert formált, amely így az agrárerdészeti eredettel specifikusan asszociálható illóanyag-jellemzőket tükrözheti (19. ábra, 20. melléklet).

Az agrárerdészeti (AE) területekről származó mézminták botanikai eredet szerinti besorolása további eltéréseket mutatott a két módszer között. A pollenanalízis ezeket az agrárerdészeti mintákat kizárólag a repce és az önálló agrárerdészeti kategóriákba sorolta. Ezzel szemben a VOC-analízis eredményei alapján ugyanezen agrár-erdészeti minták mindhárom lehetséges kategóriában (akác, repce, valamint AE) megjelentek, jelezve a VOC-profilok komplexebb mintázatát ezen mintatípus esetében.

Az agrárerdészeti területekről gyűjtött mézek nagy szórást mutatnak a két mérési módszer alapján az egyes méz kategóriák (akác, repce, AE) között. Míg a pollenanalízis alapján csak repce és agrárerdészeti csoportokba kerültek a vizsgált minták, addig a VOC analízis eredményei által mindhárom csoportban megmutatkoztak. Átfedés mutatkozott a két vizsgálati módszerben, mivel mindkét esetben a repce kategóriába került a 7. (Harka, 2023.05.22) és 13. (Bajna, repce, 2023.) minta. Illetve mindkettő esetében az önálló agrárerdészeti csoportba került a 6. (Harka, 2023. 04. 20.), 14. (SOE, 2022.04.), 16. (SOE 2022. 06.), 17. (SOE, 2020.06.17.) mézminta. Tehát a négy vizsgált Soproni Egyetem Botanikus kertjéből származó mézminta önálló agrárerdészeti csoportot alkot.

4.3. Akác-, repce- és vegyesméz minták fiziko-kémiai és pollenanalízis alapján történő összehasonlító vizsgálata

A mézről szóló 2001/110/EK tanácsi irányelv (amelyet a tagállamok a nemzeti jogba ültettek át) kimondja, hogy a méznek természetes terméknek kell lennie, és annak tulajdonságai nem változhatnak a pollen eltávolítása vagy hozzáadása révén. A pollenanalízis tehát a méz természetességének egyik bizonyítéka. A mikroszkópos pollenanalízis továbbá biztosítja a méz eredetét és a típusát, segít betartani az EU élelmiszer-címkézési és minőségvédelmi szabályait, valamint fontos eszköz a fogyasztók védelmében a hamisított termékek elkerülése ellen.

A módszer előnye, hogy a mézben található pollenspektrum a méz „botanikai ujjlenyomata”. A nektárt nagyon nehéz azonosítani, emiatt a pollen jelenléte megbízhatóbb és gyakorlatiasabb indikátornak tekinthető. Mivel a pollenanalízis egy viszonylag gyors, olcsó módszer, emiatt vált szabványos gyakorlattá, így a gyakorlatban a fent említett jogszabály alapján különböztetjük meg az egyes méztípusokat.

A célkitűzésekben megfogalmazott pollenösszetétel alapján történő méz beazonosítás értékeléséhez a következő vizsgálati eredményeket használtam fel. Összesen 149 azévi repce- és akácméz mintát vizsgáltunk 2021. június és augusztus között, melyek 67 magyar méhészetből származtak. Az 2001/110/EK irányelv alapján a melisszopolinológiai elemzés alkalmazásával 44 mintát repceméznek, 68 mintát akácméznek, 37 mintát pedig vegyes méznek minősítettünk. Érzékszervi vizsgálatok alapján a vegyes mézminták fizikai jellemzői – mint a szín, illat, íz és folyékonyság – az akácmézhez hasonlítottak, amelyet a pergetés időpontja is alátámasztott. Azonban az akácpollen aránya nem minden esetben érte el a 2001/110/EK irányelv előírásai szerinti 15%-os alsó határértéket a mintában, a repcepollen arány pedig dominanciát mutatott, illetve a minták abszolút pollenszáma nem teljesítette a fajtamézre vonatkozó, alulreprezentált kategóriába sorolás feltételeit.

Mézminták fizikai-kémiai és elemi analízise

Az általunk vizsgált mézek közül a monoflorális eredetű minták (repce- és akác) eredményeit szakirodalmi adatokkal vetettük össze. Az összehasonlítást a Grubbs-teszt (GRUBBS, 1969) segítségével végeztük el, amely információval szolgál a szakirodalmi értékek és a mi adataink megfeleléséről.

A mézminták 11 legfontosabb és leggyakrabban használt fizikai-kémiai paramétereinek (víztartalom, Brix %, savfok, pH, elektromos vezetőképesség, szacharóz, fruktóz, glükóz, Fruktóz/glükóz arány, diasztáz aktivitás, HMF tartalom), valamint az elemi összetétel vizsgálatok eredményei a vonatkozó szakirodalmi adatokkal együtt a 12. és a 13. táblázatokban láthatók. Az erre vonatkozó statisztikai adatok a 21. mellékletben kerülnek bemutatásra. Az összes változó átlagértéke megfelel a jelenlegi EU-s határértékeknek (Európai Bizottság Tanácsi Irányelve 2001/110/EK).

12. táblázat: Az általunk vizsgált mézminíték fizikai-kémiai paramétereinek eredményei, összevetve a szakirodalmi forrásokban közölt értékekkel a Grubbs-teszt alapján (a kiugró értékeket szürke háttérrel jelöltük)

	Víztartalom	Brix	Savfok	pH	Elektromos vezetőképesség	Szacharóz	Fruktóz	Glikóz	F/G arány	Diasztáz aktivitás	HMF
	(%)	(%)	(NaOH ml/100g)		(mS cm ⁻¹)	(%)	(%)	(%)		Goethe unitsg ⁻¹	(mg kg ⁻¹)
Akácmez	átlag	83,28	0,91	3,77	0,14	1,99	40,84	26,48	1,55	8,15	3,60
	min-max	13,5 - 17,5	80,6 - 85,0	0,6 - 1,35	3,54 - 3,99	0,1 - 0,19	38,66 - 46,7	19,9 - 31,87	1,29 - 1,71	2,5 - 10,9	0,04 - 7,05
Szakirodalmi adatok	<i>Czipa et al., 2019</i>	18,04			0,14	0,45	42,60	29,70		18,40	2,12
	<i>Uršulin-Trstenjak et al., 2017</i>	16,91			0,16	0,55				11,82	4,34
	<i>Wang et al., 2014</i>	16,40			3,98	1,37	39,50	30,10		24,80	1,86
	<i>Pospiach et al., 2021</i>	16,40			0,60	0,30	37,00	31,80	1,20	24,40	1,70
	<i>Pautiuc et al., 2022</i>	15,96			4,31	0,12	37,19	25,93	1,42		18,97
Repecmez	16,07	82,37	1,16	3,74	0,19	0,30	38,26	38,84	0,99	10,70	2,19
Szakirodalmi adatok	min - max	13,5 - 18,0	80,5 - 84,5	0,85 - 1,5	3,56 - 3,97	0,13 - 0,28	33,09 - 41,64	33,4 - 43,33	0,83 - 1,09	5,0 - 17,9	0 - 5,0
	<i>Szczepna et al., 2011</i>	17,30			0,20		37,60	37,30	1,01	14,00	
	<i>Wang et al., 2014</i>	19,00			4,05	3,85	40,20	30,30		11,10	2,95
	<i>Pospiach et al., 2021</i>	17,00			0,24	0,10	37,00	36,50	1,00	16,00	2,50
	<i>Pautiuc et al., 2022</i>	17,31			4,11	0,15	35,23	36,09	0,97		9,48

13. táblázat: Az általunk vizsgált mézminíték elemanalitikai eredményei, összevetve a szakirodalmi forrásokban közölt értékekkel a Grubbs-teszt alapján (a kiugró értékeket szürke háttérrel jelöltük)

	B	K	Mg	Mn	Na	Zn	Al	Cu	Ca	Fe	Ni	Pb
	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
Akácmez	átlag	4,72	225,42	6,82	0,24	26,15	4,08	0,13	20,13	5,07	0,17	0,03
	min-max	1,87 - 8,11	128,39 - 354,28	0,63 - 14,63	0,08 - 0,48	0,01 - 91,39	0,01 - 6,15	0,01 - 13,04	0,01 - 0,55	0,01 - 17,04	0,01 - 0,7	0,01 - 0,08
Szakirodalmi adatok	<i>Czipa et al., 2019</i>	3,05	185,00	5,09		3,44	1,14			0,27		
	<i>Czipa and Kovács 2014</i>	4,89	164,00	6,57	0,13	5,23	1,82	0,48	0,15	0,68		
	<i>Sajtos et al., 2019</i>	5,30	327,90	10,40	3,30	23,50	2,60	1,60	28,10			0,50
	<i>Uršulin-Trstenjak et al., 2017</i>		325,54	22,01	0,17	95,85	7,12	1,55	0,33	111,24	1,23	0,45
	<i>Bodó et al., 2021</i>	2,99	226,56	5,24	0,12	5,99	0,15		<0,1	12,39	<0,05	
Repecmez	9,41	242,81	18,68	0,04	21,20	0,59	ND	ND	ND	ND	ND	
Szakirodalmi adatok	min-max	4,58 - 17,79	123,54 - 436,29	10,69 - 31,27	0 - 0,14	0,01 - 76,84	0,01 - 2,31					
	<i>Czipa and Kovács 2014</i>	10,00	209,00	18,30	0,14	11,20	2,39					
	<i>Sajtos et al., 2019</i>	11,50	399,40	19,20	0,90	22,80	2,30					
	<i>Dzigan et al., 2017</i>		310,59	23,39	0,49		0,53					

Általánosságban elmondható, hogy az általunk vizsgált akácméz minták esetében a fizikai-kémiai tulajdonságokat tekintve a víztartalom, a szacharóz, a fruktóz, a glükóz és az F/G arány megegyezik a szakirodalmi adatokkal. A pH, a vezetőképesség és a HMF-tartalom pedig minimális eltéréseket mutat (12. táblázat). Az akácmézben mért alacsonyabb diasztáz aktivitás a bőséges nektártermeléssel hozható összefüggésbe. Mivel a méhek az akác virágzása során nagy mennyiségű, híg nektárt gyűjtenek, majd ezt a mézgyomrukban enzimekkel (pl. diasztázzal) keverik, így egy egységnyi mézre kevesebb enzim jut, amely az elkészült mézben is alacsonyabb diasztázaktivitást okoz.

Az akácmézekkel ellentétben a repcemézek esetében különbségeket figyeltünk meg a szacharóz-, glükóz- és a HMF tartalom vonatkozásában. Ugyanakkor a többi vizsgálati eredmény megegyezik a már közölt szakirodalmi átlagokkal. Továbbá fontos megjegyezni, hogy szignifikáns különbségek nem mutatkoztak az eredményeink más publikációkkal való összevetése során.

A refraktométerrel meghatározott Brix%-ra (összes cukortartalom) és a savfokra vonatkozóan nem találtunk szakirodalmi adatokat.

A 12. és 13. táblázatban az általunk mért értékek és a szakirodalmi adatok Grubbs-tesztel történő összehasonlításakor a kiugró értékeket szürke háttérrel jelöltük.

A különböző mézfajták nagyon eltérő ásványianyag-koncentrációkat tartalmaznak, amelyeket a botanikai- és földrajzi eredet, valamint a talaj, a víz és a kőzetek összetétele befolyásol (PISANI ET AL., 2008; SAJTOS ET AL., 2022). Az elemanalízis során a mézmintákból 12 elem koncentrációjának meghatározására került sor (22. melléklet). Az akácmézek esetében a mért értékek jellemzően a kimutatási határ felett voltak, ezzel szemben a repcemézek esetén több esetben kimutatási határ alatti értékeket kaptunk.

Az akácmézek mért értékeinek (B, K, Mg, Mn, Na, Zn, Al, Cu, Ca, Fe, Ni, Pb) és a szakirodalmi adatok Grubbs-tesztel történő összehasonlításakor kiugró értékeket (szürke háttérrel jelölve) találtunk a Mn-, Zn- és Ca-tartalom esetében egy-egy alkalommal (13. táblázat). A repcemézek esetében az elemtartalom eredmények (B, K, Mg, Mn, Na, Zn) között a saját adatainkkal összehasonlítva kiugró értékeket figyeltünk meg a Mn-tartalomban.

t-próba (normál eloszlás)

A mézváltozók átlagainak összehasonlításához kétmintás t-próbát alkalmaztunk. Csak azokat a mézmintákat vontuk be a további értékelésekbe, amelyeknél minden vizsgált változóra volt mért érték, így a 44 repceméz közül 28-at, a 68 akácméz közül pedig 29-et választottunk ki (21. melléklet és 22. melléklet). Fontos kiemelni, hogy néhány mézminta kihagyása a teljes halmazból statisztikai értelemben nem okozott szignifikáns változásokat a változók átlagaiban.

A t-próba elvégzéséhez szükséges az adatok normalitásának vizsgálata, ezért a kiugróérték-analízis után ellenőriztük az adathalmazok változóinak eloszlását a StatsKingdom alkalmazás segítségével [URL17]. A vizsgált mézjellemzőkként megjelölt, a normál eloszlástól eltérő változók a 21. és 22. mellékletben szerepelnek. Bár a t-próba valószínűségi változójának értékei a 14. táblázatban található összes adat három kombinációs párjára kiszámíthatók, nem normál eloszlás esetén a t-próba eredményei torzítottak, ezért statisztikai következtetések nem vonhatók le belőlük.

14. táblázat: A méztípusok (akácmez, repceméz, vegyesméz) kémintás t-próba analízisének eredményei

	B	K	Mg	Vízta- lom	Brix	Savfok	pH	E. vezetőké- pesség	Szacha- róz	Fruktóz	Glükóz	F/G arány	Diasztáz aktivitás	HMF
	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(%)	(%)	(NaOH ml/100g)		(mS cm ⁻¹)	(%)	(%)	(%)		Goethe unitsg-1	(mg kg ⁻¹)
Akácmez	4.518 a	218.499 a	6.896 a	14.913 a	83.495 a	0.876 a	3.781 a	0.138 a	0.582 a	41.178 a	26.482 a	1.548 a	8.189 a	2.846 a
Akác n	67	62	62	42	43	37	45	44	52	59	61	59	44	44
Akác SD	1,82	42,87	3,43	0,95	1,04	0,08	0,10	0,02	0,69	2,60	2,64	0,10	1,47	2,20
Repceméz	7.709 b	226.271 a	17.482 b	16.065 b	82.374 b	1.141 b	3.738 a	0.185 b	0.133 b	38.681 b	38.841 b	1.001 b	10.695 b	1.592 b
Repcen	36	42	44	42	44	37	36	33	29	35	38	33	40	38
Repcen SD	1,93	52,26	5,68	1,11	1,16	0,16	0,13	0,02	0,09	1,52	2,20	0,05	3,84	1,32
Akácmez	4.518 a	218.499 a	6.896 a	14.913 a	83.495 a	0.876 a	3.781 a	0.138 a	0.582 a	41.178 a	26.482 a	1.548 a	8.189 a	2.846 a
Akác n	67	62	62	42	43	37	45	44	52	59	61	59	44	44
Akác SD	1,818	42,872	3,431	0,946	1,043	0,079	0,103	0,019	0,692	2,597	2,639	0,097	1,473	2,201
Vegyes virágmez	4.545 a	248.496 b	5.284 b	14.761 a	83.729 a	0.995 b	3.762 a	0.141 a	0.441 a	39.599 b	26.111 a	1.501 b	9.795 b	3.543 a
Vegyes virágmez n	36	34	36	22	21	22	22	22	29	30	30	31	22	23
Vegyes virágmez SD	1,73	46,94	3,36	1,11	1,07	0,20	0,08	0,02	0,22	2,57	1,62	0,12	2,24	1,43
Repceméz	7.709 a	226.271 a	17.482 a	16.065 a	82.374 a	1.141 a	3.738 a	0.185 a	0.133 a	38.681 a	38.841 a	1.001 a	10.695 a	1.592 a
Repceméz n	36	42	44	42	44	37	36	33	29	35	38	33	40	38
Repceméz SD	1,93	52,26	5,68	1,11	1,16	0,16	0,13	0,02	0,09	1,52	2,20	0,05	3,84	1,32
Vegyes virágmez	4.545 b	248.496 a	5.284 b	14.761 b	83.729 b	0.995 b	3.762 a	0.141 b	0.441 b	39.599 a	26.111 b	1.501 b	9.795 a	3.543 b
Vegyes virágmez n	36	34	36	22	21	22	22	22	29	30	30	31	22	23
Vegyes virágmez SD	1,73	46,94	3,36	1,11	1,07	0,20	0,08	0,02	0,22	2,57	1,62	0,12	2,24	1,43

A 14. táblázatban a vizsgált méztípusok páronkénti összehasonlítása található. Az azonos oszlopban lévő különböző betűk szignifikáns különbséget jelentenek $P \leq 0,05$ szinten. A Shapiro-Wilk normalitásvizsgálat által a változóeloszlások normál jellegét ki nem záró eseteket szürke háttér jelöli.

Az akác- és repceméz mintákban a 14 mért változó közül kettő (K és pH) nem mutat szignifikáns különbséget, míg a többi 12 változó átlaga szignifikánsan eltér egymástól. Mivel a diasztáz aktivitás, a savasság és a HMF adatai nem normál eloszlást mutatnak, a t-próba valószínűségi változójának kiszámítása ezekben az esetekben torz összehasonlításokhoz vezethet.

A normál eloszlású mézváltozók (B, K, Mg, víztartalom, pH, elektromos vezetőképesség, fruktóz, glükóz, F/G arány) különböző t-értékeket adnak (21. és 22. melléklet). Mivel a t-változó képlete a vizsgált változók átlagértékeinek különbségét tartalmazza, az akác- és repcemézek megkülönböztetési képessége a t-értékek csökkenő sorrendjéből állapítható meg. Ez a sorrend a következő: F/G arány > Glükóz > Mg > Elektromos vezetőképesség > B > Fruktóz > Víztartalom. Minél nagyobb a Student t-változó értéke, annál nagyobb a valószínűsége a vizsgált átlagok közötti szignifikáns különbségnek. Akác- és vegyesméz minták esetében a 14 vizsgált paraméter közül 8 nem mutat szignifikáns eltérést, a többi azonban szignifikánsan megkülönböztethető egymástól. A repce- és a vegyesméz minták összehasonlításakor a 14 vizsgált változó közül 4 nem mutat szignifikáns különbséget, a többi 10 változó azonban szignifikánsan eltér egymástól.

A kétmintás t-próba alapján megállapítható, hogy a vegyesméz csoport kevesebb szignifikáns eltérést mutat a változókban az akácméz mintákhoz képest, mint a repcemézekhez viszonyítva.

Egyetlen páros összehasonlításban sem találtunk szignifikáns különbségeket a pH-értékekben, míg az F/G arány, a Mg és a savfok minden páros összehasonlításban szignifikáns különbségeket mutatott.

Az eloszlásvizsgálat feltárta a HMF-tartalom és a diasztáz aktivitás nem normál eloszlását. Ennek magyarázata lehet, hogy mindkét változót a méz előkezelési folyamatai befolyásolják (PASIAS ET AL., 2022).

Az akácméz szacharóztartalmának nem normál eloszlása azzal magyarázható, hogy az akác fő virágzási időszaka rövid (7-10 nap), így a helyi időjárási viszonyok jelentősen befolyásolhatják a mézgyűjtés hatékonyságát. Az akácvirágok jellemzően bőséges és komplex cukrokat tartalmaznak a nektárjukban és kedvező időjárási körülmények között a méhek jelentős mennyiségű nektárt gyűjthetnek. Azonban a környezeti feltételek hatására a komplex cukrok lebontásához szükséges enzimek aktivitása nem feltétlenül elegendő, ami a cukormolekulák csak részleges fermentációjához vezethet, mellyel magyarázható a mézminták savasságának nem normál eloszlása is.

Az akác- és repce fajtamézek páros t-próbáinak eredményei (23. melléklet) azt mutatják, hogy a két méztípus között a legjelentősebb eltérés a szénhidrátok tekintetében van (glükóz, $t_{AB} = 24,115$ és $t_{krit(AB)} = 1,9847232$; a F/G arány, $t_{AB} = 29,793$ és $t_{krit(AB)} = 1,9866745$). További jelentős különbségek figyelhetők meg a savasság ($t_{AB} = 9,0844$, $t_{krit(AB)} = 1,9934636$) és a vezetőképesség ($t_{AB} = 9,7641$, $t_{krit(AB)} = 1,9921022$) értékeiben is.

Hasonló értékeket figyeltünk meg a repce- és vegyesmézek páros t-próbájánál is, ahol a legnagyobb mértékű különbség szintén a szénhidrátok tekintetében jelentkezik (glükóz, $t_{AB} = 26,532$, $t_{krit(AB)} = 1,9965644$; az F/G arány, $t_{AB} = 21,853$, $t_{krit(AB)} = 1,9989715$; a szacharóz esetében, $t_{AB} = 7,014$, $t_{krit(AB)} = 2,0032407$).

Korrelációanalízis

A méhek enzيمrendszeré által katalizált, párhuzamosan lezajló biokémiai reakciók határozzák meg az adott méz végső összetételét. Egy-egy növény esetében — évről évre, termőterületről termőterületre, illetve a környezeti feltételek változásával — a nektár összetételben kisebb eltérések tapasztalhatók, amelyek azonban nem befolyásolják a méhek által termelt enzimek összetételét. Ennek alapján feltételezhető, hogy egyes összetevők és a méz tulajdonságai között korrelációs összefüggések állnak fenn az egyes mézfajták esetében. Ennek a hipotézisnek az ellenőrzésére Pearson-féle korrelációs mátrixokat határoztunk meg az akác- és repcemézre vonatkozóan.

A korrelációs analízishez a 21. és 22. mellékletekben szereplő minták közül 24 db teljes adatbázisú akácméz és 28 db repceméz mintát választottunk ki (a mellékletekben világoskék háttérrel jelöltük ezeket a mézmintákat). A korrelációs analízis bemeneti mátrixaiba a következő változókat használtuk fel: B, K, Mg, Víztartalom, Brix%, Savfok, pH, Elektromos vezetőképesség, Szacharóz, Fruktóz, Glükóz, F/G arány, Diasztáz aktivitás, HMF tartalom, Akácpollen százalék és Repcepollen százalék. Az akác- és repceméz minták egyesített korrelációs mátrixa a 15. táblázatban látható. A táblázat felső háromszöge az akácméz változópárok közötti Pearson R értékeket tartalmazza, míg az alsó háromszög adatai a repceméz változóira vonatkoznak.

15. táblázat: Az akác- és repceméz minták korrelációs mátrixa

	B	K	Mg	Víztartalom (%)	Brix (%)	Savfok	pH	E. Vezetőképesség (mS cm ⁻¹)	Szacharóz (%)	Fruktóz (%)	Glükóz (%)	F/G arány	Diasztáz aktivitás	HMF	Akác pollen	Repece pollen
B		-0.28	0.118	0.155	-0.178	-0.1	-0.309	0.207	-0.135	0.284	0.361	-0.195	-0.465	-0.21	0.12	-0.069
K	-0.268		0.182	0.074	-0.09	0.649	0.021	0.457	-0.208	-0.002	0.074	-0.078	0.461	0.384	-0.21	0.139
Mg	-0.077	0.596		-0.012	-0.027	0.353	-0.225	0.309	0.229	0.298	0.263	-0.12	0.092	0.024	0.089	-0.092
Víztartalom (%)	-0.063	-0.15	-0.15		-0.992	0.304	-0.124	0.168	-0.373	-0.174	0.233	-0.41	-0.018	-0.362	0.087	-0.327
Brix (%)	0.064	0.098	0.074	-0.971		-0.343	0.165	-0.226	0.362	0.132	-0.267	0.423	0.009	0.354	-0.089	0.305
Savfok	-0.327	0.114	0.033	0.175	-0.139		-0.244	0.631	-0.128	0.169	0.309	-0.27	0.36	0.101	-0.047	-0.212
pH	-0.123	0.419	0.281	-0.355	0.285	-0.267		-0.793	-0.017	-0.393	-0.544	0.393	-0.009	0.175	-0.06	0.068
E. Vezkép. (mS cm⁻¹)	-0.413	0.566	0.282	-0.159	0.195	0.113	0.128		-0.094	0.305	0.514	-0.418	0.182	0.048	-0.073	-0.056
Szacharóz (%)	-0.181	0.004	-0.321	0.146	-0.068	-0.029	0.132	0.137		0.192	0.164	-0.072	-0.327	-0.139	0.322	-0.07
Fruktóz (%)	-0.13	0.315	0.416	-0.019	0.008	-0.378	0.089	0.273	-0.144		0.561	0.053	-0.311	0.184	0.189	-0.145
Glükóz (%)	0.119	-0.229	0.204	0.249	-0.277	0.166	-0.333	-0.004	-0.288	0.033		-0.792	-0.213	-0.338	0.115	-0.449
F/G arány	-0.133	0.361	0.102	-0.164	0.185	-0.381	0.277	0.155	0.138	0.645	-0.728		0	0.576	-0.016	0.466
Diasztáz aktivitás	0.236	0.413	0.472	-0.37	0.429	0.083	-0.008	0.253	-0.192	0.248	0.029	0.154		0.196	-0.108	0.157
HMF	-0.395	0.142	-0.138	-0.127	0.142	-0.084	-0.165	0.235	0.167	0.282	-0.359	0.462	-0.191		-0.199	0.452
Akác pollen	-0.144	0.214	-0.003	0.084	0.037	-0.092	-0.134	0.38	-0.024	0.284	-0.082	0.26	0.41	0.15		-0.105
Repece pollen	0.286	-0.353	-0.193	-0.251	0.18	-0.099	-0.184	-0.393	-0.127	-0.125	0.316	-0.296	-0.023	0.042	-0.151	

Felső háromszög: Pearson R korrelációk akácmez mintákra. Bevington kritérium (0,05; 29) = 0,3675

Alsó háromszög: Pearson R korrelációk repceméz mintákra. Bevington kritérium (0,05; 28) = 0,374

A 120 lehetséges változópár közül 22 esetben az akácmézre, illetve 18 esetben a repcemézre vonatkozóan mutatkozott statisztikailag szignifikáns korreláció (ezeket a 15. táblázatban szürke háttérrel jelöltük), a Bevington-féle kritériumok szerint (BEVINGTON, 1969). Érdeemes megjegyezni, hogy a táblázat felső és alsó háromszögében megfigyelhető korrelációs mintázatok nem tükrözik egymást, amely alátámasztja, hogy a két mézfajta korrelációs szerkezete eltérő.

PCA analízis és diszkrimináció

A korreláció analízis feltárta, hogy a mézminták adatállományában bizonyos változók között összefüggések figyelhetők meg. E korrelációk meglete megfelelő alapot biztosít a főkomponens-analízis (PCA) alkalmazásához. E módszer gyakorlati jelentőségét bizonyítja Khansaritoreh és munkatársai (2021) publikációja, amelyben a mézváltozók PCA-térben mutatott megjelenítése látványosan szemléltette az iráni eredetű valódi és hamisított mézek közötti elkülönítés lehetőségét (KHANSARITOREHA ET AL., 2021).

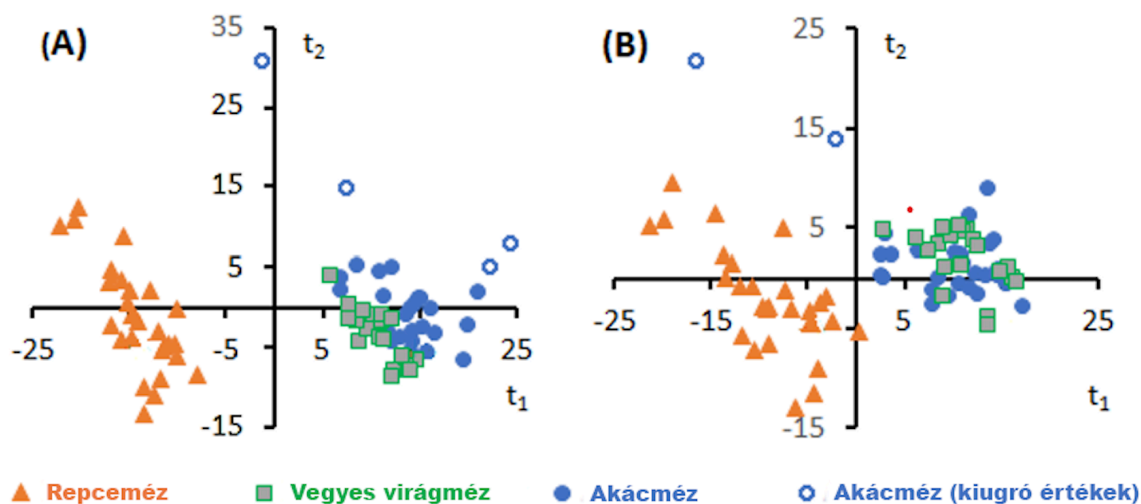
A főkomponens-analízis (PCA) során ugyanazokat az akác- és repceméz-mintákat használtuk fel, amelyeket korábban a korrelációelemzéshez is kiválasztottunk (21. és 22. mellékletekben világoskék színnel jelölve). Ezekhez további 20 vegyesméz-mintát is bevontunk az elemzésbe. Az input adatmátrixok változói megegyeztek a korrelációvizsgálat során alkalmazott paraméterekkel. Az adatmátrixok feltételértékének (kondíciós szám) csökkentése érdekében skálázási előfeldolgozást alkalmaztunk mindhárom adathalmazon. A változók skálázási tényezői a következők voltak: 1 (bór), 10 (kálium), 1 (magnézium), 1 (víztartalom), 1 (Brix), 0,1 (savtartalom), 0,1 (pH), 0,01 (elektromos vezetőképesség), 0,1 (szacharóz), 1 (fruktóz), 1 (glükóz), 0,1 (fruktóz/glükóz arány), 1 (diasztáz aktivitás), 1 (HMF-tartalom), 1 (akácpollen), és 10 (repecpollen). E skálázási tényezők alkalmazásával a szórások értékei az egyes változók esetében közel azonos nagyságrendbe estek. A három inputmátrix feltétel értéke – amelyet a legnagyobb és legkisebb szinguláris értékek hányadosaként számítottunk ki – jelentősen csökkent: 8178, 6268 és 19850-ről 153, 101 és 345 értékre.

A mézadatok főkomponens-analízisének (PCA) értelmezésében két fő szempont érvényesült. Az első cél annak vizsgálata volt, hogy az akác- és repceméz-minták mennyire különülnek el a főkomponensek (PC-k) által definiált térben, valamint, hogy a vegyesméz-minták hová vetülnek ebben a korábban kialakított PC-térben (A eset; 20. A ábra). Hasonló feltételrendszer alkalmazásakor Wang és munkatársai (2014) megállapították, hogy az akácméz repcemézzel történő hamisítása különböző arányban (5–50 %, m/m) megnövekedett klorogénsav-tartalomhoz és jelentősen lecsökkent ellagsav-tartalomhoz vezetett. Ezen eredmények alapján a klorogénsav, illetve az ellagsav potenciális markerekként javasolhatók az akác- és repceméz típusok megkülönböztetésére.

A második vizsgálati szempont annak megfigyelése volt, hogy az akácpollen és a repecpollen változók kizárása a PCA bemeneti mátrixaiból milyen hatást gyakorol a minták csoportosulására (B eset; 20. B ábra). E feltételezés alapján a pollenek adatainak alkalmazása az akácméz-típusok osztályozására helytelen besorolásokhoz vezethet, amit Zieliński és munkatársai (2014) tanulmányának megfigyelései is alátámasztanak.

A főkomponensek számát a Kaiser-szabály (KAISER, 1960) alapján határoztuk meg, amely öt szignifikáns főkomponenst jelölt ki. Ugyanakkor a később a főkomponensek által meghatározott koordináta-rendszerbe vetített vegyesméz-minták variációjának egy releváns része a hatodik főkomponens tengelye mentén helyezkedett el. Ezért az akác-, repce- és vegyesméz-minták főkomponens-térbeli elkülönülésének vizsgálatához az első hat főkomponenst választottuk megkülönböztetési alapként.

A PCA dekompozíciók pontdiagramjai a 20. ábrán láthatók. Az 20. A. ábra az összes változót tartalmazó PCA-ra vonatkozik. A 20. B. ábra a mézmintákat az első két PC-ben mutatja, miután az „Akác pollen” és „Repce pollen” változók adatait eltávolítottuk a bemeneti mátrixokból.



20. ábra: A mézminták csoportosulása az első két főkomponens által alkotott síkban. A 20. A. ábra – A bemeneti mátrixok tartalmazzák az „Akác pollen” és a „Repce pollen” változók adatait, míg a 20. B. ábra esetében nem tartalmazzák.

Amint az a 20. A. és a 20. B. ábrán is látható, az akác- és repcemézminták tökéletesen elkülönülnek egymástól. A 20. A. ábrán a vegyes méz minták részleges átfedéssel jelennek meg az akácméz csoport szélén, viszont a 20. B. ábrán a vegyes méz minták megkülönböztethetetlenek az akácméz mintáitól.

A három csoportpár közötti elkülönülés mértékének kvantifikálásához kiszámítottuk a Wilks-lambda értékeit a főkomponens-terek különböző, két főkomponensből álló dimenzióiban, valamint a bemeneti mátrixokra vonatkozóan, pollenadatokkal és azok nélkül. A Wilks-lambda a csoportokon belüli variancia és a csoportok teljes varianciájának hányadosát fejezi ki. Értéke 0 és 1 között mozog, ahol a nulla azt jelenti, hogy a két csoport teljesen elkülönül egymástól, míg az egyes érték azt jelzi, hogy a két csoport átfed, és nem különíthető el.

A Wilks-lambda analízis eredményeit a 16. táblázat foglalja össze.

16. táblázat: A Wilks-lambda értékek a három különböző mézcsoporthoz diszkriminációjára

Főkomponensek		PCA pollen % adatokkal		PCA pollen % adatok nélkül	
		$t_1 : t_2$	$t_1 : t_6$	$t_1 : t_2$	$t_1 : t_6$
Akácméz	Repceméz	0.169	0.313	0.32	0.471
Akácméz	Vegyes méz	0.855	0.818	0.989	0.873
Repceméz	Vegyes méz	0.196	0.361	0.298	0.463

A Wilks-lambda értékek mind az akác–repce, mind a repce–vegyesméz csoportpárok összehasonlításánál kellően közel állnak a nullához. Ez azt jelzi, hogy a repceméz-minták elkülönülnek mind az akác-, mind a vegyesméz mintáktól. Ezzel szemben az akác- és vegyesméz csoportok Wilks-lambda értékei magasak, ami a főkomponens-koordináta-rendszerben átfedő vagy részben átfedő csoportpozíciókat tükröz, illetve feltételez.

A fenti vizsgálati eredmények alapján megállapítható, hogy az akácméz fajtaminták besorolása a jelenlegi uniós irányelv alapján túl szigorúnak tekinthető és a repce- illetve akácméz megkülönböztetését érdemes kiterjeszteni más jellegzetes indikátorokra is, mint például a Student-féle t-értékekre, amelyek a fruktóz/glükóz arányhoz, glükóztartalomhoz, vezetőképességhez, savfokhoz és magnéziumtartalomhoz kapcsolódik.

4.4. A körmendi agrárerdészeti területekről származó akácméz pollenösszetételének hosszútávú vizsgálata

A 4.2 és a 4.3 fejezetben bemutatott egyéb fiziko-kémiai vizsgálatok, illetve az illékony szerves vegyületek beazonosítása csak friss mintákból lehetséges. Így ezek a szobahőmérsékleten tárolt mézminták nem nyújtanak megbízható eredményeket, mivel a paramétereik jelentősen változnak az idő előrehaladtával, tehát nem szolgálnának reprezentatív képpel az akácmézek profiljáról.

Azonban a mézben található pollen (mikroszkópikus növényi struktúra), amely kémiailag és fizikailag stabil, nem bomlik le még hosszabb tárolás alatt sem, így a melisszopalinológiai vizsgálatok megbízható eredményeket adhat számunkra még többéves minták esetében is.

Vizsgálatainkhoz kapcsolódóan lehetőségünk nyílt Körmend térségéből egy több, mint 100 méhcsaládból álló méhészetből 2000 és 2022. között pergetett akácmézek pollenösszetételének vizsgálatára. A mézmintákat szobahőmérsékleten (20–21 °C), sötét helyen tárolták a méhészetben. A mintákat 2023 áprilisában kaptuk meg a termelőtől, és a pollenanalízist a beérkezést követő egy hónapon belül elvégeztük.

Összesen 19 akácméz minta pollenösszetételét vizsgáltuk meg bízva abban, hogy a monitorozás révén betekintést nyerünk a méhészet 3-5 km-es sugarú körzetében található növényzet fajgazdagságába, illetve az évek során a biodiverzitásban bekövetkezett esetleges változások kimutatására.

A 4.2.1 alfejezetben ismertetett vizsgálati eredmények rámutatnak az akácmézek heterogenitásának problematikájára. A vizsgálatba bevont mézminták ugyanazon évjáratból származtak, így jogosan felmerül a kérdés, hogy ugyanazon terület esetében az eltérő években az akácméz pollenösszetétele hogyan változik. A méhész szakmai körökben elfogadott tény, hogy az akác virágzása a méhek számára egyértelműen prioritást jelent, így az akáccal egy időben virágzó egyéb növénykultúrák kevésbé befolyásolják a gyűjtött nektár eredetét.

A 17. táblázatban az akácmézek pollenösszetételének jellemzői és főbb képviselői, míg a 18. táblázatban az egyéb kategóriába sorolt, az adott mézmintákban 3% alatt meghatározott növényfajok százalékos értékei találhatóak.

17. táblázat: A 2000 és 2022 között pergetett, ugyanazon termelőtől és területről származó 19 akácméz pollenprofilja (az abszolút pollenszám és a botanikai eredet) jellemzői mézmintáknként

Gyűjtés éve	Abszolút pollen-szám PG/10g	<i>Robinia pseudoacacia</i> pollen (%)	<i>Trifolium incarnatum</i> pollen (%)	<i>Brassica napus</i> pollen (%)	Egyéb nektáradó növények (%)	Egyéb nektármentes növények (%)
2000	3246	27	58	0	12	3
2003	1960	32	9	11	44	4
2004	919	73	8	7	11	1
2005	13108	14	5	78	2	1
2006	2573	26	11	23	34	6
2007	2695	30	20	36	11	3
2008	1225	31	0	12	50	7
2009	3524	25	0	25	44	6
2010	1470	49	0	21	25	5
2011	1103	36	0	45	17	2
2012	3507	14	2	16	19	49
2013	2328	27	0	12	41	20
2014	2144	20	0	26	43	11
2015	1960	28	0	21	44	7
2016	1838	44	0	14	36	6
2017	2205	15	0	23	51	11
2018	1228	40	0	20	19	21
2020	1899	24	0	25	44	7
2022	2511	34	0	22	39	5

18. táblázat: Az egyes gyűjtési években, a mézmintákban beazonosított egyéb kategóriába sorolt növényfajok részletes bemutatása

Gyűjtés éve	Egyéb nektárt adó növények	Egyéb nektármentes növények
2000	<i>Cornus sanguinea</i> , <i>Matricaria recutita</i> , <i>Leucanthemum vulgare</i>	<i>Pinus spp.</i> , <i>Corylus avellana</i>
2003	<i>Rosaceae</i> gyümölcsök (alma, szeder), <i>Salicaceae</i> fajok, <i>Urtica dioica</i> , <i>Cornus sanguinea</i> , <i>Lamiaceae</i> fajok,	<i>Pinus spp.</i> , <i>Papaver spp.</i>
2004	<i>Cornus sanguinea</i> , <i>Rosaceae</i> gyümölcsök (alma, cseresznye, körte), <i>Urtica dioica</i> , <i>Frangula alnus</i> , <i>Taraxacum officinale</i>	<i>Pinus spp.</i> , <i>Papaver spp.</i>
2005	<i>Tilia cordata</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Leucanthemum vulgare</i> , <i>Frangula alnus</i>	<i>Pinus spp.</i> , <i>Chelidonium majus</i>
2006	<i>Knautia arvensis</i> , <i>Achillea millefolium</i> , <i>Rosaceae</i> gyümölcsök (alma, szeder cseresznye), <i>Leucanthemum vulgare</i> , <i>Lamium album</i> , <i>Frangula alnus</i>	<i>Rumex spp.</i> , <i>Pinus spp.</i> , <i>Papaver spp.</i> (<i>Papaver orientalis</i> , <i>Chelidonium majus</i>)
2007	<i>Lamiaceae</i> fajok (<i>Teucrium chamaedrys</i> , <i>Lamium album</i>), <i>Wisteria sinensis</i> , <i>Rosaceae</i> gyümölcsök (alma, cseresznye), <i>Clematis vitalba</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Cornus sanguinea</i>	<i>Pinus spp.</i> , <i>Papaver spp.</i> , <i>Juniperus communis</i>
2008	<i>Rosaceae</i> gyümölcsök (szilva, alma, cseresznye) <i>Melilotus officinalis</i> , <i>Vitaceae</i> fajok, <i>Clematis vitalba</i> , <i>Achillea millefolium</i> , <i>Matricaria recutita</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Frangula alnus</i> , <i>Mercurialis perennis</i> , <i>Juglans regia</i>	<i>Pinus spp.</i> , <i>Taxus baccata</i>
2009	<i>Vitaceae</i> fajok, <i>Rosaceae</i> gyümölcsök (szeder, málna), <i>Wisteria sinensis</i> , <i>Scrophulariaceae</i> fajok, <i>Knautia arvensis</i> , <i>Clematis vitalba</i> , <i>Reseda lutea</i> , <i>Cornus sanguinea</i> , <i>Convolvulaceae</i> fajok, <i>Anthriscus cerefolium</i> , <i>Salicaceae</i> , <i>Sambucus nigra</i> , <i>Frangula alnus</i>	<i>Rumex spp.</i> , <i>Papaver spp.</i> , <i>Pinus spp.</i> , <i>Alopecurus pratensis</i>
2010	<i>Vitaceae</i> fajok, <i>Salicaceae</i> fajok, <i>Sambucus nigra</i> , <i>Wisteria sinensis</i> , <i>Rosaceae</i> gyümölcsök (alma, cseresznye), <i>Juglans regia</i> , <i>Frangula alnus</i> , <i>Leucanthemum vulgare</i>	<i>Pinus spp.</i> , <i>Papaver spp.</i> , <i>Alopecurus pratensis</i> ,
2011	<i>Vitaceae</i> , <i>Loranthus europaeus</i> , <i>Lamium album</i> , <i>Frangula alnus</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Anthriscus cerefolium</i>	<i>Papaver spp.</i> , <i>Poaceae</i> fajok, <i>Pinus spp.</i> , <i>Rumex spp.</i>
2012	<i>Vitaceae</i> fajok, <i>Rosaceae</i> gyümölcsök (cseresznye, galagonya), <i>Frangula alnus</i> , <i>Geraniaceae</i> fajok, <i>Convolvulaceae</i> fajok, <i>Melilotus officinalis</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Juglans regia</i> , <i>Cornus sanguinea</i>	<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Pinus spp.</i> , <i>Papaver spp.</i> ,
2013	<i>Cornus sanguinea</i> , <i>Rosaceae</i> gyümölcsök (galagonya, cseresznye), <i>Scrophulariaceae</i> fajok, <i>Lamiaceae</i> fajok, <i>Trifolium repens</i> , <i>Knautia arvensis</i> , <i>Geraniaceae</i> fajok, <i>Melilotus officinalis</i> , <i>Taraxacum officinale</i>	<i>Ranunculaceae</i> fajok, <i>Rumex spp.</i> , <i>Pinus spp.</i> ,
2014	<i>Rosaceae</i> gyümölcsök (szilva, Barack, cseresznye, galagonya), <i>Cornus sanguinea</i> , <i>Lamium album</i> , <i>Juglans regia</i> , <i>Melilotus officinalis</i> , <i>Salicaceae</i> fajok,	<i>Papaver spp.</i> , <i>Rumex spp.</i> , <i>Pinus spp.</i> , <i>Plantaginaceae</i> fajok

	<i>Frangula alnus</i> , <i>Viola arvensis</i> , <i>Vitaceae</i> fajok, <i>Taraxacum officinale</i>	
2015	<i>Melilotus officinalis</i> , <i>Achillea millefolium</i> , <i>Vitaceae</i> fajok, <i>Cornus sanguinea</i> , <i>Salicaceae</i> fajok, <i>Clematis vitalba</i> , <i>Lamiaceae</i> fajok, <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Juglans regia</i>	<i>Pinus spp.</i> , <i>Papaver spp.</i> , <i>Ranunculaceae</i> fajok
2016	<i>Viola arvensis</i> , <i>Persicaria spp.</i> , <i>Rosaceae</i> gyümölcsök (alma, szilva), <i>Frangula alnus</i> , <i>Matricaria recutita</i> , <i>Clematis vitalba</i> , <i>Daucus carota</i> , <i>Anthriscus cerefolium</i>	<i>Rumex spp.</i> , <i>Pinus spp.</i> , <i>Juniperus communis</i>
2017	<i>Pisum sativum</i> (32%) , <i>Frangula alnus</i> , <i>Rosaceae</i> gyümölcsök (cseresznye, alma, galagonya), <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Juglans regia</i>	<i>Chelidonium majus</i> , <i>Pinus spp.</i> , <i>Rumex spp.</i> , <i>Papaver rhoeas</i>
2018	<i>Campanula spp.</i> , <i>Leucanthemum vulgare</i> , <i>Rosaceae</i> gyümölcsök (cseresznye, szeder), <i>Pisum sativum</i> (11%) , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Cornus sanguinea</i> , <i>Matricaria recutita</i> , <i>Anthriscus cerefolium</i>	<i>Chelidonium majus</i> , <i>Pinus spp.</i> , <i>Rumex spp.</i> , <i>Plantaginaceae</i> fajok
2020	<i>Malva sylvestris</i> , <i>Trifolium repens.</i> , <i>Salicaceae</i> fajok, <i>Tilia cordata</i> , <i>Matricaria recutita</i> , <i>Achillea millefolium</i> , <i>Amorpha fruticosa</i> , <i>Persicaria spp.</i> , <i>Capsella bursa-pastoris</i> , <i>Viola arvensis</i> , <i>Rosaceae</i> gyümölcsök (szeder), <i>Leucanthemum vulgare</i> , <i>Loranthus europaeus</i>	<i>Rumex spp.</i> , <i>Pinus spp.</i> , <i>Cupressaceae</i> fajok
2022	<i>Daucus carota</i> , <i>Capsella bursa-pastoris</i> , <i>Amorpha fruticosa</i> , <i>Wisteria sinensis</i> , <i>Vicia spp.</i> , <i>Frangula alnus</i> , <i>Persicaria spp.</i> , <i>Tilia cordata</i> , <i>Rosaceae</i> gyümölcsök (málna, galagonya), <i>Campanula spp.</i> , <i>Leucanthemum vulgare</i> , <i>Vitaceae</i> fajok	<i>Papaver rhoeas</i> , <i>Papaver orientalis</i> , <i>Pinus spp.</i> , <i>Plantaginaceae</i> fajok

A 17. és 18. táblázatban és a 24. mellékletben feltüntetett adatok alapján megállapítható, hogy a vizsgált 19 db méz minta különféle fák, cserjék, gyümölcsfák, gyomok, szántóföldi növények, dísznövények és mezőgazdasági kultúrák pollenjeit tartalmazza. Ugyanakkor az egyes évek között jelentős eltéréseket tapasztalható mind az arányok, mind az összetétel tekintetében. A vizsgált méz mintákban összesen 51 növényfajt azonosítottunk, melyek közül 40 faj nektárt vagy nektárt és pollent is szolgáltat a méhek számára, míg 11 faj kizárólag pollent biztosít nekik.

A kizárólag pollent adó, rovarmegporzású növények közé tartozik többek között a pipacs, a mák és a vérehulló fecskefű (*Papaveraceae*), az útifűfélék (*Plantaginaceae*), valamint a boglárkafélék (*Ranunculaceae*). A szélmegporzású, nektárt nem termelő növények közül minden mintában jelen volt a fenyőfélék (*Pinus spp.*) pollenje. Továbbá számos méz minta esetében kimutathatóak voltak még a sóska (*Rumex spp.*), a réti ecsetpázsit (*Alopecurus pratensis*), valamint szórványosan a boróka (*Juniperus communis*), a mogyoró (*Corylus avellana*) és a ciprusfélék (*Cupressaceae*) pollenjei is.

Emellett a vizsgált években az akácméz mintákban jelen voltak a mézharmat-eredetű elemek nyomai is (gombaspórák, hifák, algák, viaszrészecskék). Ezen elemek valószínűsíthetően a kaptárak környékén elhelyezkedő, védelmet nyújtó fenyőfélékből származnak, amelyek óvják a méhcsaládokat a kedvezőtlen időjárási hatásoktól (pl. nyári hőhullámok, téli fagy, erős szél). A gombás struktúrák és növényi szövetelemek természetes növényi eredetű komponensei a mézeknek. Ugyanakkor a nektárhoz viszonyítva egyik minta sem mutatott jelentős mézharmat jelenlétet, azaz a HDE/PG arány 0,05 volt (Min=0,01, Max=0,4), így ez a szám a további értékelés szempontjából elhanyagolható.

A 2014-es évből származó, a többihez képest szembetűnően sötétebb mézmintában (25. melléklet) volt kimutatható kis mennyiségű mézharmat (HDE/PG=0,4), ami a kedvezőtlen időjárási körülményekkel magyarázható, amelyek lerövidíthették az akác virágzási időszakát és így a méhek nektárgyűjtési lehetőségét (LOUVEAUX ET AL., 1978).

A 2000 és 2009 közötti időszakból származó minták mikroszkópos képein osztódó élesztősejtek figyelhetők meg, csoportosan, teleszerű elrendeződésben, amely arra utal, hogy ezen minták erjedésnek indulhattak. Csak két akácméz mintában (2003 és 2005) fordultak elő azonosítatlan, citoplazma nélküli, apró pollenszemcsék. A 2000 és 2007 közötti évek mintái kiemelkedően magas, átlagosan 18,5%-os (Min=5%, Max=58%) bíborhere (*Trifolium incarnatum*) pollentartalommal rendelkeztek, amely valószínűsíthetően a területen termesztett kultúrákból származik. A 2005-ös évjáráttól kezdődően a *Brassicaceae* fajok pollenjének jelenléte jelentőssé vált a mintákban. A keresztesvirágúak pollenje túlreprezentáltságra hajlamos, amely torzíthatja a botanikai összetétel értékelését. A bíborheréhez hasonlóan ezek a növények is nagy vízigényűek, különösen ősszel és tavasszal. A vizsgált terület egyik sajátossága, hogy a repce virágzási időszakában szükséges magasabb relatív páratartalmat a Rába völgyének mikroklímája biztosítja.

2008-tól kezdődően a szőlő pollenje is kimutatható volt a mézmintákban, bár nem jelentős mennyiségben; az átlagos arány 3% volt (Min=0%, Max=6%).

A legtöbb mintában szerves törmeléként más rovarfajok testdarabjai is előfordultak. Az ásványi eredetű anyagok közül leggyakrabban széntartalmú részecskéket, különösen koromszemcséket találtunk. Pozitívumként említendő, hogy egyetlen mintában sem volt kimutatható műanyag szálal szennyezés.

A 2017-es és 2018-as évjáratú mézekben pedig kiugróan magas koncentrációban (32% és 11%) találtunk takarmányborsó (*Pisum sativum*) polleneket.

Az akácméz-minták pollenanalízise jó betekintést nyújt a mézgyűjtési terület növényösszetételébe, lehetővé téve azoknak a nektárt adó fajoknak az azonosítását, amelyek a méz botanikai eredetét meghatározzák. A pollenanalízis során – amint arra Salonen és munkatársai (2009) is rámutattak – szinte valamennyi olyan virágzó növény kimutatható, amelynek pollenje a mézbe kerülhet.

Az eredmények arra utalnak, hogy a mezőgazdasági területeken termesztett, nagy vonzerőt gyakorló kultúrnövények – mint például a káposztarepce (*Brassicaceae*) vagy egyes pillangósvirágúak (*Fabaceae*), úgymint a bíborhere (*Trifolium incarnatum*) és a takarmányborsó (*Pisum sativum*) – virágzásukkal elvonhatják a méheket az akácról (*Robinia pseudoacacia*). Ez a jelenség kompetitíven hathat az akácméz termelésére, különösen, ha a növények virágzási periódusa egybeesik az akác fő nektártermő időszakával, befolyásolva ezzel az akácméz pollenspektrumát és esetenként annak mennyiségi hozamát is. A módszer emellett jól nyomon követhetővé teszi a szántóföldi kultúrák gyors változását a tájban.

Fontos azonban figyelembe venni a módszer korlátait is. Az adatok elsősorban az akác virágzási idejére vonatkozó, pillanatnyi állapotot tükröznek, így a nektártermelő növények természetesen felülreprezentáltak a pollenspektrumban. Maga az akácpollen aránya is változhat, hiszen azt befolyásolja, hogy az adott év tavaszán milyen intenzitású volt a faj mézelése. A jellegzetes, nedvességigényesebb vegetációelemek, mint amilyenek például a Rába-völgyben is megtalálhatók (*Cornus sanguinea*, *Frangula alnus*, *Vitis* fajok, *Salicaceae*, *Sambucus nigra*, *Alopecurus pratensis*), többnyire az „egyéb” pollenkategóriában jelennek meg, tovább árnyalva a gyűjtési területről kapott képet.

5. Összefoglalás, tézisek

Az agrárerdészeti rendszerek jelentősége globálisan nő a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás és az ökoszisztéma-szolgáltatások fenntartása szempontjából. Az ilyen rendszerek lényege, hogy fás szárú növényeket mezőgazdasági kultúrákkal vagy állattartással integrálnak, ami fokozza a szerkezeti és mikroélőhelyi diverzitást. Ez a heterogenitás magasabb biodiverzitást eredményez, ami kulcsszerepet játszik az ökológiai rendszerek klíma- és emberi eredetű stresszhatásokkal szembeni rezilienciájában.

Az agrárerdészeti környezet változatosabb és stabilabb táplálékforrást kínál a méhek számára, így hozzájárul a beporzók egészségéhez és a méztermelés fenntarthatóságához. Különösen fontos ez a klímaváltozás okozta virágzási zavarok és nektárhányos időszakok miatt, amelyek a méhcsaládokat súlyosan érintik.

A biodiverzitás monitorozásának hatékony módszere a méhbiomonitoring, amely a méhek által gyűjtött kaptártermékek – elsősorban pollen és méz – elemzésén alapul. A háziméhek (*Apis mellifera*) nagy területet lefedő gyűjtési tevékenységük révén megbízható információt nyújtanak a vegetáció fajösszetételéről, a növények virágzási dinamikájáról, és a környezet ökológiai állapotáról.

Tanulmányunk keretében célul tűztük ki a méhek növényválasztási preferenciáinak megismerését különböző agrárerdészeti területekről származó pollencsomók és fajtamézek esetében, mikroszkópos pollenanalízis alkalmazásával. További célkitűzés volt VOC-analízis és a pollenprofil alapján a hazai akác- és repcemézek standardizálása, valamint az akácmézek pollenösszetételének hosszútávú vizsgálata.

Munkánk során összehasonlítottuk két agrárerdészeti méhészetből származó méhészeti termékek (pollencsomó, méz) botanikai összetételét a mikroszkópos pollenanalízis alkalmazásával. A minták Magyarország különböző pontjairól (Harka és Bajna), valamint két különböző évből (egy száraz, 2022., és egy csapadékos, 2023.) származtak. Eredményeim azt mutatják, hogy jelentős különbségek mutatkoznak mind a területek, mind az évek és mind a méhészeti termékek összehasonlításának vonatkozásában. A 2023-as év más növényfajok dominanciáját vagy virágzási dinamikáját támogatta, mint a 2022-es év, a csapadékhiány elsősorban a lágyszárúakra gyakorolt hatást. A tavaszi és az őszi időszakban jellemzően alacsonyabb a pollent adó növények fajgazdagsága, míg a nyári időszak magas fajgazdagságot és változatos pollengyűjtési preferenciákat eredményez. A méhek nektárgyűjtési preferenciái eltértek a pollenforrásokétól. A vizsgált mézek mindegyikében kimutatható volt a *Brassicaceae* növény család, amely a pollencsomókhoz viszonyítva azonos időszakra vetítve magasabb koncentrációban volt jelen. Míg a pollencsomók esetében összességében a bajnai területről származott minták mutattak magasabb biodiverzitást, addig méz esetében a harkai területről származóak.

Vizsgálataink továbbá arra irányultak, hogy az agrárerdészeti rendszerek - melyekben jelen van mind az akác, mind a repce - milyen hatással vannak a monoflorális mézek összetételére. Ennek keretében elemeztük, hogy az agrárerdészeti környezet komplexebb növénytársulásai hogyan módosítják az akác- és repcemézek pollenspektrumát, valamint illatanyag- profilját a kontroll (konvencionális) fajtamézekhez viszonyítva. A pollen- és VOC-profilok (illó szerves vegyületek) Fuzzy klaszteranalízisének összehasonlító értékelése során a kontrollcsoportokból származó fajtamézek (akác és repce) eltérő viselkedést mutattak a két analitikai módszer alkalmazásával. Míg a pollenanalízis alapján valamennyi kontroll mézminta konzisztensen a saját botanikai eredetének megfelelő kategóriába (akác vagy repce) került besorolásra, addig a VOC-analízis eredményei alapján az akácmézek szintén az akác kategóriába kerültek, azonban – eltérésként – öt repceméz minta is az akácmézek klaszterébe került.

A VOC adatbázis Fuzzy klaszteranalízise egy komplex csoportstruktúrát tárt fel, megerősítve az akácmézek önálló illóanyag-profilját, ugyanakkor rávilágítva a

repcemézeken belüli bizonyos fokú VOC-átfedésre az akácmézekkel. Valamint az agráreredészetű mézek kémiai heterogenitása egyrészt lehetővé teszi, hogy bizonyos komponenseik révén részleges hasonlóságot mutassanak a domináns monoflorális méztípusok illóanyag-profiljaival, másrészt pedig önálló, egyedi illékony vegyületmintázattal is rendelkezhetnek.

Az akácméz minták pollenösszetételének heterogenitása kulcsfontosságú a mézminőség jelenleg érvényes jogszabályok szerinti meghatározása miatt.

A 2001/110/EK irányelv alapján akác-, repce- és vegyes méz kategóriákba sorolt, 149 kora tavaszi mézminta fizikai-kémiai paramétereit, mikroelem tartalmát és pollenösszetételét vizsgáltam. A páros t-próba eredményei 14 kémiai változó (indikátor) esetében a repce- és akácmézek között szignifikáns különbségeket mutattak, kivéve két paramétert (káliumtartalom és pH). Emellett a vegyes méz és az akácméz között 6 változóban, a vegyes méz és a repceméz között pedig 11 paraméter esetében tapasztaltunk szignifikáns eltéréseket. Az akác- és repceméz közötti legjelentősebb különbség a cukorösszetételben (glükóztartalom és fruktóz/glükóz arány) volt megfigyelhető. A főkomponens-analízis során hat főkomponenst azonosítottunk, amelyek főkomponens-terében az akác- és repceméz minták jól elkülönültek egymástól, míg a vegyes méz minták csoportja részben átfedésben volt az akácméz mintáival. Amennyiben a pollenelemzési adatokat kizártuk a PCA-ból, az akác- és vegyes méz csoportok egyértelmű elkülönítése nem volt lehetséges. Összefoglalva fő következtetésünket: az akácméz fajtaminták besorolása a jelenlegi uniós irányelv alapján túl szigorúnak tekinthető és a repce- illetve akácméz megkülönböztetését érdemes kiterjeszteni más jellegzetes indikátorokra is, mint például a Student-féle t-értékekre, amelyek a fruktóz/glükóz arányhoz, glükóztartalomhoz, vezetőképességhez, savtartalomhoz és magnéziumtartalomhoz kapcsolódnak.

A méz pollenösszetétele a tárolás során nem változik, ezért alkalmas lehet egy adott terület biodiverzitásának hosszabb távú monitorozására. Egy körmendi méhészet elmúlt húsz évből származó akácmézminták pollenösszetétele alapján megállapítható, hogy nem figyelhető meg pollenbomlás, továbbá a pollenben hozzájáruló fajok számának fokozatos növekedését mutatják a 2000 és 2022 közötti mézminták esetében. A mezőgazdasági területeken termesztett *Fabaceae* fajok, mint a bíborhere és a takarmányborsó a méhek számára vonzó pollenforrást jelentenek.

A kutatási eredmények alapján a következő téziseket állapítottam meg:

1. A repce- és akácmézek esetében az agrárerdészeti területek nagyobb biodiverzitását a „ritka pollen” gyakorisági osztály magasabb értékei mutatják. Az agrárerdészeti akácméz mintákban ez az érték 8-39% (átlagosan 18%), míg fajtamézekben 2-23% (átlagosan 8,65%). Repcemézek esetében pedig az agrárerdészeti mintákban 7-24% (átlagosan 12,75%) szemben a fajtamézek 1-5% (átlagosan 2,75%) arányával.
2. Az agrárerdészeti eredetű mézek illékony szerves vegyület (VOC) profilja szignifikánsan nagyobb kémiai diverzitást mutat, mint a konvencionális mezőgazdasági területekről származó fajtamézeké. Az 50%-os előfordulási küszöbérték alapján az agrárerdészeti rendszerekből gyűjtött akácmézek esetében 33, míg a konvencionális akác fajtamézeknél mindössze 13 VOC-komponens volt kimutatható. Hasonló tendencia figyelhető meg a repcemézek esetében is: az agrárerdészeti eredetű minták 34, míg a konvencionális repcemézek 22 komponenssel jellemezhetők.
3. Az agrárerdészeti rendszerekből származó, repce- és akácvirágzást követően pergetett mézek eredetének azonosítására az illékony szerves komponenseken (VOC) alapuló SPME-GC-MS analitikai vizsgálat alkalmas módszernek bizonyul, amely eredményességében összevethető a hagyományos referenciaként használt pollenanalízissel. A vizsgált 18 agrárerdészeti méz minta eredményeinek sokváltozós adatértékeléssel (Fuzzy módszer) történő feldolgozása során a pollenanalízis 7, míg a VOC-analízis 10 esetben különítette el a mintákat a referenciaadatbázisként szolgáló fajtamézeketől (akác és repce), ami a VOC-alapú módszer nagyobb diszkriminációs képességére utal.
4. Nagyszámú magyar akácméz-minták vizsgálata kimutatta, hogy a kizárólag pollenanalízisre épülő fajtaméz-besorolás nem minden esetben megbízható. A pollenanalízis helyett a vizsgált minták alábbi kémiai paramétereinek – fruktóz/glükóz arány, glükóztartalom, vezetőképesség, savfok és magnéziumtartalom – együttes értékelése alkalmas az akácméz minták fajtajellegének meghatározására.
5. A 2000 és 2022 között pergetett körmendi agrárerdészeti területről származó akácmézminták mikroszkópos pollenanalízise alapján megállapítható, hogy a mezőgazdasági területeken termesztett egyes *Fabaceae* fajok – különösen a bíborhere (*Trifolium incarnatum*) és a takarmányborsó (*Pisum sativum*) – jelentős virágforrásként szolgálnak a házi méhek (*Apis mellifera*) számára az akácvirágzás időszakában. E fajok attraktivitása érdemben befolyásolja az akácmézek pollenspektrumát, ami hatással van a mézek botanikai eredet szerinti besorolására, valamint azok minőségi megítélésére is.

6. Jövőbeli tervek, javaslatok

A kutatás során megfogalmazott célkitűzésekre választ kaptam, ugyanakkor az eredmények újabb kutatási irányokat is felvetettek a kaptártermékek további vizsgálata tekintetében.

A jövőbeni munkám során a pollencsomók és mézminták elemzését nemcsak területi, hanem méhcsaládonkénti bontásban is tervezem folytatni, mivel ez feltehetően pontosabb képet ad az esetleges viselkedésbeli és preferenciabeli különbségekről. Mindezt az indokolja, hogy a méhtánc, mint multimodális kommunikációs rendszer nemcsak a nektár-, hanem a pollenforrások helyét is közvetítheti, ahol a tánc irány- és távolságinformációját feltehetően illat-, íz- és tapintási jelek egészítik ki, így a kolónia gyűjtőereje nagy valószínűséggel az aktuálisan legfontosabb forrásokra összpontosul.

A pollencsomók és a velük egy időben pergetett mézek együttes vizsgálata lehetőséget biztosít az adott terület vegetációjának részletesebb jellemzésére, valamint a biodiverzitásban bekövetkező esetleges változások hosszú távú nyomon követésére. E módszer révén nemcsak a pollenforrások, hanem a jelentős nektárforrások feltérképezése is megvalósítható, ami különösen értékes lehet az ökológiai állapotfelmérések szempontjából.

A továbbiakban, különös tekintettel az akácmézek minősítésére, indokolt lenne a nektáreredet meghatározását célzó illékony szerves vegyületek (VOC-k) analízisének alkalmazása. Ezt a módszert célszerű lenne kiegészíteni a fruktóz/glükóz arány, a glükóztartalom, az elektromos vezetőképesség, a savtartalom, valamint a magnéziumtartalom vizsgálatával. Ezek a paraméterek olyan kiegészítő információkat szolgáltathatnak, amelyek révén enyhíthető lenne a jelenlegi szigorú jogszabályi besorolás. Mindez különösen fontos a klímaváltozás következtében egyre gyakoribbá váló, vegyes virágpor- és nektáreredetű akácmézek értékelése esetében. Az új szemlélet alkalmazása elősegítheti a méhészek számára kedvezőbb gazdasági besorolást, amely hozzájárulhat a mézpiac stabilizálásához és élénkítéséhez is.

7. Köszönetnyilvánítás

Hálával tartozom témavezetőimnek, Dr. Rétfalvi Tamásnak és Dr. Kovács Zoltánnak, akik szakmai iránymutatásukkal, folyamatos támogatásukkal és bizalmukkal segítettek munkámat. Kiemelten köszönöm, hogy a kutatás feltételeinek biztosításában mindvégig számíthattam rájuk, és mindig készséggel válaszoltak a felmerülő kérdéseimre

Őszinte köszönet illeti Dr. Németh Zsoltot és Dr. Rákosa Ritát, akik a statisztikai kiértékelés során értékes tanácsokkal és rendkívüli türelemmel támogatták a munkámat.

Külön köszönettel tartozom Bolodár-Varga Bernadettnek, akinek segítségével az elemanalitikai vizsgálatok nem valósulhattak volna meg.

Hálás vagyok Visiné Dr. Rajczi Eszternek és Dr. Hofmann Tamásnak a mézminták cukorprofiljának meghatározásában nyújtott szakszerű közreműködésükért.

Kiemelten szeretném megköszönni Magyarné Farkas Boglárkának, hogy a mérések előkészítését és lebonyolítását aktívan segítette, valamint hosszú időn keresztül nemcsak szakmai, hanem lelki támaszom is volt.

Köszönet illeti a Soproni Egyetem valamennyi munkatársát, hogy hozzájárultak a kutatásom zökkenőmentes megvalósításához; a mézminták biztosításával, az együttműködésükkel és a támogatásukkal.

Szívből köszönöm Szabó Szilárdnak és Szenteleki Melindának, hogy lehetővé tették számomra több évtizednyi munkájuk értékes mézmintáinak felhasználását.

Külön köszönetemet fejezem ki páromnak, aki támogatta doktori tanulmányim elvégzését és a felmerülő informatikai kihívásokban is készséggel segített.

Hálával tartozom családomnak a feltétel nélküli szeretetükért, a türelmükért, és hogy már gyermekkoromban megalapozták bennem a természet iránti kíváncsiságot. Az élővilág tiszteletére és megbecsülésére neveltek, bátorítottak a felfedezés örömeire – mindez elengedhetetlen szerepet játszott abban, hogy ezt a hivatást válasszam.

8. Irodalomjegyzék

- ADAMS, M. A.** (2021): Pollen Grain & Honeydew A guide for identifying the plant sources in honey. Northern Bee Books, Scout Bottom Farm, Mytholmroyd, Hebden Bridge HX7 5JS (UK). ISBN: 978-1-914934-23-0
- AERTSENS, J. – DE NOCKER, L. – GOBIN, A.** (2013): Valuing the carbon sequestration potential for European agriculture. *Land Use Policy*. 31. 584-594. [10.1016/j.landusepol.2012.09.003](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.09.003)
- AHMED, S. – SULAIMAN, S. A. – BAIG, A. A. – IBRAHIM, M. – LIAQAT, S. – FATIMA, S. – JABEEN, S. – SHAMIM, N. – OTHMAN, N. H.** (2018): Honey as a Potential Natural Antioxidant Medicine: An Insight into Its Molecular Mechanisms of Action. *Oxidative medicine and cellular longevity*. 2018. 8367846. <https://doi.org/10.1155/2018/8367846>
- AJIBOLA, A.** (2015): Physico-Chemical and Physiological Values of Honey and Its Importance as a Functional Food. *International Journal of Food and Nutritional Science*. 2. 1-9. <http://dx.doi.org/10.15436/2377-0619.15.040>
- AL, M. L. – DANIEL, D. – MOISE, A. – BOBIS, O. – LASLO, L. – BOGDANOV, S.** (2009): Physico-chemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania. *Food Chemistry*. 112(4). 863-867. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.055>
- ALBU, A. – BORA, F. D. – CUCU-MAN, S. M. – STOLERU, V. – NISTOR, C.-E. – BRUMĂ, I. S. – RUSU, O.-R.** (2025): Assessing Honey Quality: A Focus on Some Physicochemical Parameters of Honey from Iasi County (Romania). *Agriculture*. 15(3). 333. <https://doi.org/10.3390/agriculture15030333>
- ALISSANDRAKIS, E. – TARANTILIS, P. A. – HARIZANIS, P. C. – POLISSIOU, M.** (2005): Evaluation of four isolation techniques for honey aroma compounds. *J. Sci. Food Agric*. 85. 91-97. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1934>
- AMTMANN, M.** (2009): Különleges fajtamézek botanikai eredetének és illó komponenseinek összefüggése. Budapest Corvinus Egyetem. Élelmiszertudományi és Táplálkozástudományi Tanszék. Élelmiszertudományi Doktori Iskola. PhD értekezés.
- ARONNE, G. – GIOVANETTI, M. – SACCHI, R. – DE MICCO, V.** (2014): From flower to honey bouquet: possible markers for the botanical origin of Robinia honey. *TheScientificWorldJournal*. 2014. 547275. <https://doi.org/10.1155/2014/547275>
- BALDOCK, K. C.** (2020): Opportunities and threats for pollinator conservation in global towns and cities. *Current opinion in insect science*. 38. 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2020.01.006>
- BALL, D. W.** (2007): The chemical composition of honey. *Journal of Chemical Education*. 84(10). 1643. <https://doi.org/10.1021/ed084p1643>
- BARNES, M.A. – TURNER, C. R.** (2016): The ecology of environmental DNA and implications for conservation genetics. *Conserv Genet*. 17. 1–17. <https://doi.org/10.1007/s10592-015-0775-4>
- BARTH, O. M. – FREITAS, A. S. – OLIVEIRA, E. S. – SILVA, R. A. – MAESTER, F. M. – ANDRELLA, R. R. – CARDOZO, G. M.** (2010): Evaluation of the botanical origin of commercial dry bee pollen load batches using pollen analysis: a proposal for technical standardization. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 82(4). 893–902. <https://doi.org/10.1590/s0001-37652010000400011>
- BAYALA, J. – KINDT, R. – BELEM, M. – KALINGANIRE, A.** (2011): Factors affecting the dynamics of tree diversity in agroforestry parklands of cereal and cotton farming systems in Burkina Faso. *New Forests*. 41. 281–296. <https://doi.org/10.1007/s11056-010-9222-z>
- BAZRGAR, A. B. – NG, A. – COLEMAN, B. – ASHIQ, M. W. – GORDON, A. – THEVATHASAN, N.** (2020): Long-Term Monitoring of Soil Carbon Sequestration in Woody and Herbaceous Bioenergy Crop Production Systems on Marginal Lands in Southern Ontario, Canada. *Sustainability*. 12. 3901. <https://doi.org/10.3390/su12093901>

- BEKIĆ, B.** –JOVANOVIĆ, M. (2015): Beekeeping as a Factor of Danube Region Sustainable Development. In: International Scientific Conference Sustainable Agriculture and Rural Development in Terms of the Republic of Serbia Strategic Goals Realization within the Danube Region: Regional specificities. Institute of Agricultural Economics. Belgrade, pp. 156-172. ISBN 978-86-6269-046-3
- BENTRUP, G.** – HOPWOOD, J. – ADAMSON, N. L. – VAUGHAN, M. (2019): Temperate Agroforestry Systems and Insect Pollinators: A Review. *Forests*. 10(11). 981. <https://doi.org/10.3390/f10110981>
- BERGEN, K. M.** – GOETZ, S. J. – DUBAYAH, R. O. – HENEGBRY, G. M. – HUNSAKER, C. T. – IMHOFF, M. L. – NELSON, R. F. – PARKER, G. G. – RADELOFF, V. C. (2009): Remote sensing of vegetation 3-D structure for biodiversity and habitat: Review and implications for lidar and radar spaceborne missions, *J. Geophys. Res.* 114. G00E06, doi:10.1029/2008JG000883
- BERTAZZINI, M.** – FORLANI, G. (2016): Intraspecific Variability of Floral Nectar Volume and Composition in Rapeseed (*Brassica napus* L. var. *oleifera*). *Frontiers in plant science*. 7. 288. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00288>
- BEVINGTON, P. R.** (1969). *Data reduction and error analysis for the physical sciences*. 3rd ed. Boston (Mass.): McGraw-Hill. ISBN: 0072472278
- BÉRCES, B.** –TÓTH, K. –CSONKA, A. (2022): Mire jó egy fás legelő? Esettanulmányok a Dél-Dunántúlról. 66(2). 142-157. DOI: 10.53079/GAZDALKODAS.66.2.T.PP_142-157
- BHAGWAT, V. R.** (2019): Safety of Water Used in Food Production. *Food Safety and Human Health*. 219–247. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816333-7.00009-6>
- BILANDŽIĆ, N.** – SEDAČKA M., ĐOKIĆ M., – GROSS BOŠKOVIĆ, A. – FLORIJAČIĆ, T. – BOŠKOVIĆ, I. – KOVAČIĆ, M. – PUŠKADIJA, Z. – HRUŠKAR, M. (2019): Mineral Concentrations in Different Types of Honey Originating from Three Regions of Continental Croatia. *Foods*. 13. 2754. <http://dx.doi.org/10.3390/foods13172754>
- BIRKS, H. J. B.** – BERGLUND, B. E. (2018): One hundred years of Quaternary pollen analysis 1916–2016. *Veget Hist Archaeobot*. 27. 271–309. <https://doi.org/10.1007/s00334-017-0630-2>
- BODÓ, A.** – RADVÁNYI, L. – KŐSZEGI T. – CSEPREGI R. – NAGY, D. U. – FARKAS, A. – KOCSIS, M. (2020): Melissopalynology, antioxidant activity and multielement analysis of two types of early spring honeys from Hungary. *Food Bioscience*. 35. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100587>
- BODÓ A., RADVÁNYI L., KŐSZEGI, T., CSEPREGI, R., NAGY, D. U., FARKAS, A., KOCSIS, M.** (2021): Quality Evaluation of Light- and Dark-Colored Hungarian Honeys, Focusing on Botanical Origin, Antioxidant Capacity and Mineral Content. *Molecules*. 26(9). 2825. <https://doi.org/10.3390/molecules26092825>
- BODOR, ZS.** – KOVACS, Z. – BENEDEK, CS. – HITKA, G. – BEHLING, H. (2021): Origin Identification of Hungarian Honey Using Melissopalynology, Physicochemical Analysis, and Near Infrared Spectroscopy. *Molecules*. 26(23). 7274. <https://doi.org/10.3390/molecules26237274>
- BOGDANOV, S.** (1997): Nature and Origin of the Antibacterial Substances in Honey. *LWT—Food Science and Technology*. 30. 748-753. <https://doi.org/10.1006/fstl.1997.0259>
- BOGDANOV, S.** – RUOFF, K. – ODDO, L. P. (2004): Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: A review. *Apidologie*. 35. 4-17. <http://dx.doi.org/10.1051/apido:2004047>
- BOROSY, A. P.** – HÉBERGER, K. – HORVAI, GY. – KOLOSSVÁRY, I. – LENGYEL, A. – PAKSY, L. – RAJKÓ, R. – SZPESVÁRY, P. (2001): Sokváltozós adatelemzés (kemometria), (szerk. Horvai Gy.) Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., pp 50-54.
- BOROVICS, A.** – SOMOGYI, N. – HONFY, V. – KESERŰ, Zs. – GYURICZA, Cs. (2017): Agrárerdészet, a klímatudatos, természetközeli termelési mód. *Erdészeti Lapok*. 6. 178–182. https://erdeszetilapok.oszk.hu/01825/pdf/EPA01192_erdeszeti_lapok_2017-06_178-182.pdf

- BOUSETA, A.** – COLLIN, S. – DUFOUR, J. P. (1992): Characteristic aroma profiles of unifloral honeys obtained with a dynamic headspace GC-MS system. *Journal of Apicultural Research*. 31(2). 96–109. <https://doi.org/10.1080/00218839.1992.11101268>
- BRESCHI, C.** – IERI, F. – CALAMAI, L. – MIELE, A. – D'AGOSTINO, S. – MELANI, F. – ZANONI, B. – MULINACCI, N. – CECCHI, L. (2024): HS-SPME-GC-MS Analysis of the Volatile Composition of Italian Honey for Its Characterization and Authentication Using the Genetic Algorithm. *Separations*. 11(9). 266. <https://doi.org/10.3390/separations11090266>
- BULLOCK, C.** – KRETSCH, C. – CANDON, E. (2007): *The Economic and Social Aspects of Biodiversity: Benefits and Costs of Biodiversity in Ireland*. Government publications. Dublin. ISBN: 978-1-4064-2105-7. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.12736.92169>
- CASTRO-VÁZQUEZ, L.** – DÍAZ-MAROTO, M. C. – GONZÁLEZ-VIÑAS, M. A. – PÉREZ COELLO, M. S. (2009): Differentiation of monofloral citrus, rosemary, eucalyptus, lavender, thyme and heather honeys based on volatile composition and sensory descriptive analysis. *Food Chemistry*. 112. 1022-1030. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.036>
- CELEMLI, Ö. G.** – SORKUN, K. (2018): History of melissopalynological methods. *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology*. 27. 88-92. https://doi.org/10.1501/commuc_0000000201
- CHANDLER, B. V.** – FENWICK, D. E. – ORLOVA, T. – REYNOLDS, T. M. (1974): Composition of Australian Honeys. Division of Food Research technical paper. 38. 16-17. <https://doi.org/10.25919/5bbf8facb8185>
- CHEN, Y.** – WANG, R. H. – SHEN, T. J. (2023): Biodiversity survey and estimation for line-transect sampling. *Frontiers in Plant Science*. 14:1159090. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1159090>
- CHIRSANOVA, A.** – CAPCANARI, T. – BOISTEAN, A. (2021): Palynological, physico-chemical and biologically active substances profile in some types of honey in the Republic of Moldova. *Journal of Engineering Science*. XXVIII 3. 175 – 186.
- CHMIEL, J.** – DAISLEY, B. – PITEK, A. P. – THOMPSON, G. J. (2020): Understanding the Effects of Sublethal Pesticide Exposure on Honey Bees: A Role for Probiotics as Mediators of Environmental Stress. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 8. 22. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00022>
- CHOWDHURY, S.** – DUBEY, V. K. – CHOUDHURY, S. – DAS, A. – JEENGAR, D. – SUJATHA, B. – KUMAR, A. – KUMAR, N. – SEMWAL, A. – KUMAR, V. (2023): Insects as bioindicator: A hidden gem for environmental monitoring. *Frontiers in Environmental Science*. 11. 1146052. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1146052> |
- CHU, E. W.** – KARR, J. R. (2017): *Environmental Impact: Concept, Consequences, Measurement*. Reference Module in Life Sciences. B978-0-12-809633-8.02380-3. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.02380-3>
- CIOTLAUS, I.** – BALEA, A. – POJAR-PENESAN, M. – PETEAN, I. (2020): Chromatographic Profile of Volatiles of Multifloral and Unifloral Honey Collected by *Apis Mellifera* from Transilvania, Romania. *Revista de Chimie*. 71(2). 91-98. <https://doi.org/10.37358/RC.20.2.7898>
- ĆIRIĆ, J.** – HANEKLAUS, N. – RAJIĆ, S. – BALTIĆ, T. – LAZIĆ, I. B. – ĐORĐEVIĆ, V. (2022): Chemical composition of bee bread (perga), a functional food: A review. *Journal of Trace Elements and Minerals*. 2. 100038. <https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2022.100038>
- CLOT, B.** (2003): Trends in airborne pollen: An overview of 21 years of data in Neuchâtel (Switzerland). *Aerobiologia*. 19. 227–234. <https://doi.org/10.1023/B:AERO.0000006572.53105.17>
- COLLISON, C.** (2018): Individual foraging decisions during nectar collection and colony regulation of nectar intake are distinctly different from pollen foraging. *Bee Culture*. The Magazine of

American Beekeeping. Internetes kiadás. (Hozzáférés dátuma: 2025.07.11.)
<https://beeculture.com/closer-look-foraging-behavior/>

- CROWTHER, L. I.** – GILBERT, F. (2020): The effect of agri-environment schemes on bees on Shropshire farms. *Journal for Nature Conservation*. 58. 125895. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125895>.
- CZIPIA, N.** (2010): Különböző eredetű mézek összehasonlító vizsgálata és a gyártmánykialakítás hatása a minőségre. Doktori Értekezés. Debreceni Egyetem. Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma. Hankóczy Jenő Növénytermesztési, Kertészeti és Élelmiszertudományok Doktori Iskola. <http://hdl.handle.net/2437/99459>
- CZIPIA, N.** – KOVÁCS, B. (2014): Electrical conductivity of Hungarian honeys, *J. Food Physics*. 27. 13–20. http://www.foodphysics.net/journal/2014/paper_2.pdf.
- CZIPIA, N.** – PHILLIPS, C. J. C. – KOVÁCS, B. (2019): Composition of acacia honeys following processing, storage and adulteration. *Journal of food science and technology*. 56. 1245–1255. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03587-y>
- DAMIALIS, A.** – FOTIOU, C. – HALLEY, J. M. – VOKOU, D. (2011): Effects of environmental factors on pollen production in anemophilous woody species. *Trees*. 25. 253–264. <https://doi.org/10.1007/s00468-010-0502-1>.
- DEINER, K.** – BIK, H. M. – MÄCHLER, E. – SEYMOUR, M. – LACOURSIÈRE-ROUSSEL, A. – ALTERMATT, F. – CREER, S. – BISTA, I. – LODGE, D. M. – DE VERE, N. – PFRENDER, M. E. – BERNATCHEZ, L. (2017): Environmental DNA metabarcoding: Transforming how we survey animal and plant communities. *Molecular ecology*. 26. 5872–5895. <https://doi.org/10.1111/mec.14350>
- DEN HERDER, M.** – MORENO, G. – MOSQUERA-LOSADA, M. R. – PALMA, J. H. N. (2015): Current extent and trends of agroforestry in the EU27. Deliverable 1.2: AGFORWARD (613520). https://www.agforward.eu/documents/D1_2_Extent_of_Agroforestry.pdf
- DEN HERDER, M.** – MORENO, G. – MOSQUERA-LOSADA, R. M. – PALMA, J. H. – SIDIROPOULOU, A. – FREIJANES, J. J. S. – CROUS-DURAN, J. – PAULO, J. A. – TOMÉ, M. – PANTERA, A. – PAPANASTASIS, V. P. – MANTZANAS, K. – PACHANA, P. – PAPADOPOULOS, A. – PLIENINGER, T. – BURGESS, P. J. (2017): Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 241. 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.005>
- DEREWIAKA, D.** – MAJEWSKA, E. – KUZAK, K. – SZADKOWSKA, D. (2021): Comparison of Volatiles and Chemical Composition of Traditional and Non-Traditional Honey Available on the Polish Market. *Applied Sciences*. 11. 6371. <https://doi.org/10.3390/app11146371>
- DEVI, C. H. S.** – DEVI, L. J. – DEVI, N. R. (2023): Studies on the foraging behaviour and pollination requirements of honey bees, *Apis cerana* in relation to rapeseed production. *International Journal of Entomology Research*. 8. 6-9.
- DHALIWAL, J.** – KUKAL, S. S. – SHARMA, S. (2018): Soil organic carbon stock in relation to aggregate size and stability under tree-based cropping systems in Typic Ustochrepts. *Agroforest Syst.* 92. 275–284. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0103-8>
- DHIMAN, V.** – PANT, D. (2021): Environmental biomonitoring by snails. Biomarkers: biochemical indicators of exposure, response, and susceptibility to chemicals. 26(3). 221–239. <https://doi.org/10.1080/1354750X.2020.1871514>
- DI BELLA, G.** – LO TURCO, V. – POTORTI, A. G. – BUA, G. D. – FEDE, M. R. – DUGO, G. (2015): Geographical discrimination of Italian honey by multi-element analysis with a chemometric approach. *Journal of Food Composition and Analysis*. 44. 25 – 35. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.05.003>

- DOMINKÓ, E.** – NÉMETH, ZS. I. – RÉTFALVI, T. (2024): Classification of acacia, rape and multifloral Hungarian honey types. *Heliyon*. 10. e30498. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30498>
- DO NASCIMENTO, A. S.** – MARCHINI, L. C. – DE CARVALHO, C. A. L. – ARAÚJO, D. F. D. – DE OLINDA, R. A. – DA SILVEIRA, T. A. (2015): Physical-Chemical Parameters of Honey of Stingless Bee (Hymenoptera: Apidae). *American Chemical Science Journal*. 7. 139-149 ISSN: 2249-0205. DOI: 10.9734/ACSj/2015/17547
- DOBRE, I.** – ALEXE, P. – ESCUREDO, O. – SEIJO, C. M. (2012): Palynological evaluation of selected honeys from Romania. *Grana*. 52. 113-121. <https://doi.org/10.1080/00173134.2012.724443>
- DOKULIL, M. T.** (2003): Chapter 9 Algae as ecological bio-indicators. *Trace Metals and other Contaminants in the Environment*. 6. 285-327. [https://doi.org/10.1016/S0927-5215\(03\)80139-X](https://doi.org/10.1016/S0927-5215(03)80139-X)
- DUDGEON, D.** – ARTHINGTON, A. H. – GESSNER, M. O. – KAWABATA, Z. – KNOWLER, D. J. – LÉVÊQUE, C. – NAIMAN, R. J., PRIEUR-RICHARD, A. H., SOTO, D., STIASSNY, M. L., & SULLIVAN, C. A. (2006): Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*. 81(2). 163–182. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>
- DULLER, A. W. G.** – DULLER, G. A. T. – LAMB, H. F. (2000): A new approach to automated pollen analysis. *Quaternary Science Reviews*. 19. 537-546. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(99\)00021-9](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(99)00021-9)
- DUPONT, Y. L.** – BALSBY, T. J. S. – GREVE, M. B. – MARCUSSEN, L. K. – KRYGER, P. (2025): Spatio-temporal variation in pollen collected by honey bees (*Apis mellifera*) in rural-urban mosaic landscapes in Northern Europe. *PloS one*. 20(2). e0309190. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0309190>
- DŹUGAN, M.** – ZAGUŁA, G. – WESOŁOWSKA, M. – SOWA, P. – PUCHALSKI, C. (2017): Levels of toxic and essential metals in varietal honeys from Podkarpacie. *J. Elem.* 22(3). 1039-1048. <http://doi.org/10.5601/jelem.2016.21.4.1298>
- ELAGIB, N. A.** – AL-SAIDI, M. (2020): Balancing the benefits from the water–energy–land–food nexus through agroforestry in the Sahel. *Science of The Total Environment*. 742. 140509. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140509>
- EL-LABBAN, M.** (2020): *Beekeepers' Guide for Pollen Identification of Honey*. ISBN 978-9953-0-5184-0.
- ELMOSALLAMY, A.** – ELTAWIL, N. – IBRAHIM, S. – HUSSEIN, S. A.A. (2021): Phenolic Profile: Antimicrobial Activity and Antioxidant Capacity of *Colocasia esculenta* (L.) Schott.. *Egyptian Journal of Chemistry*. 64. 2165-2172. <https://doi.org/10.21608/ejchem.2021.56495.3213d>
- FARKAS, Á.** – ZAJÁ CZ, E. (2007): Nectar production for the Hungarian Honey Industry. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*. 1. 125-151.
- FERNÁNDEZ-TORRES, R.** – PÉREZ-BERNAL, J. L. – BELLO-LÓPEZ, M. Á. – CALLEJÓN-MOCHÓN, M. – JIMÉNEZ-SÁNCHEZ, J. C. – GUIRAÚM-PÉREZ, A. (2005): Mineral content and botanical origin of Spanish honeys. *Talanta*. 65. 686–691. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2004.07.030>
- FITTER, A. H.** – FITTER, R. S. (2002): Rapid changes in flowering time in British plants. *Science* (New York, N.Y.). 296(5573). 1689–1691. <https://doi.org/10.1126/science.1071617>
- FORBES, H.** – SHELAMORF, V. – VISCH, W. – LAY, C. (2022): Farms and forests: evaluating the biodiversity benefits of kelp aquaculture. *J Appl Phycol*. 34. 3059–3067. <https://doi.org/10.1007/s10811-022-02822-y>
- GAMRAT, R.** – PUC, M. – GAŁCZYŃSKA, M. – BOSIACKI, M. – WITCZAK, A. – TELESŃSKI, A. (2022): Differences in the Pollen Content of Varieties of Polish Honey from Urban and Rural Apiaries. *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*. 26. 109-122. <https://doi.org/10.2478/auaft-2022-0009>

- GASHU, M. Y.** – MESFIN, D. – DESSIE, T.A. (2025): Farmer perceptions toward the adoption of agroforestry practices: a case study of northwestern Ethiopia. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 9. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1512761>
- GHOUIZI, A. E.** – BAKOUR, M. – LAAROSSI, H. – OUSAAID, D. – MENYIY, N. E. – HANO, C. – LYOUSSI, B. (2023): Bee Pollen as Functional Food: Insights into Its Composition and Therapeutic Properties. *Antioxidants*. 12. 557. <https://doi.org/10.3390/antiox12030557>
- GIOVANETTI, M.** – ARONNE, G. (2013): Honey bee handling behaviour on the papilionate flower of *Robinia pseudoacacia* L. *Arthropod-Plant Interactions*. 7. 119–124. <https://doi.org/10.1007/s11829-012-9227-y>
- GIROTTI, S.** – FERRI, E. N. – FUMO, M. G. – MAIOLINI, E. (2008): Monitoring of environmental pollutants by bioluminescent bacteria. *Analytica Chimica Acta*. 608. 2–29. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2007.12.008>.
- GONZÁLEZ-MIRET, M. L.**, AYALA, F. – TERRAB, A. – ECHÁVARRI – J. F., NEGUERUELA, A. I. – HEREDIA, F. J. (2007): Simplified method for calculating colour of honey by application of the characteristic vector method. *Food Research International*. 40. 1080–1086. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.06.001>
- GRAVES, A. R.** – BURGESS, P. J. – LIAGRE, F. – DUPRAZ, C. (2017): Farmer perception of benefits, constraints and opportunities for silvoarable systems. *Outlook Agric*. 46. 74- 83.
- GRUBBS, F.** (1969): Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples. *Technometrics*. 11. 1-21.
- GUIDOTTI, M.** – VITALI, M. (1998): Identification of volatile organic compounds present in different honeys through SPME and GC/MS. *Industrie Alimentari*. 37. 351–353.
- GUO, X.** – COOPS, N. C. – TOMPALSKI, P. – NIELSEN, S. E. – BATER, C. W. – STADT, J. J. (2017): Regional mapping of vegetation structure for biodiversity monitoring using airborne lidar data. *Ecological Informatics*. 38. 50-61.
- GURR, G. M.** – WRATTEN, S. D. – LUNA, J. M. (2003): Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. 4. 107-116.
- HALMÁGYI, L.** – KERESZTESI, B. (1991): *A Méhlegelő*. Budapest, Hungary, AKADÉMIAI KIADÓ. ISBN 963 05 6017 8.
- HARRIS, C.** – BALFOUR, N. J. – RATNIEKS, F. L. W. (2024): Floral resource wastage: Most nectar produced by the mass-flowering crop oilseed rape (*Brassica napus*) is uncollected by flower-visiting insects. *Ecology and Evolution*. 14. e11453.
- HEINK, U.** – KOWARIK, I. (2010): What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecological Indicators*. 10. 584-593.
- HERRERO, B.** – VALENCIA-BARRERA, R. M. – SAN MARTÍN, R. – PANDO V. (2002): Characterization of honeys by melissopalynology and statistical analysis. Article in *Canadian Journal of Plant Science*. January 2002. <https://doi.org/10.4141/P00-187>
- HERZOG, F.** (1998): Streuobst: A Traditional Agroforestry system as a model for agroforestry development in temperate Europe. *Agroforestry Systems*. 42(1). 61–80. <https://doi.org/10.1023/a:1006152127824>
- HONFY, V. A.** (2023): Hozamvizsgálatok eredményei agrárerdészeti rendszerben létrehozott különböző hálózatos akác-tritikálé köztes termesztésben. Doktori (PhD) értekezés Soproni Egyetem. Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola. Az erdőgazdálkodás biológia alapjai (E2) Program.
- HOSMANI, S. P.** (2013): Freshwater algae as indicators of water quality. *Universal Journal of Environmental Research & Technology*. 3. 473–482.

- IVERSEN, J.** (1953): Radiocarbon Dating of the Alleröd Period. *Science*. 118. 9–11. DOI: 10.1126/science.118.3053.9
- JÁRAINÉ KOMLÓDI, M.** (1988): Pollenháború. Budapest, Hungary. Móra Ferenc Ifjúsági Könyvkiadó. ISBN 963 11 5578 1.
- JERKOVIC, I.** – **KUŠ, P. M.** (2014): Terpenes in honey: Occurrence, origin and their role as chemical biomarkers. 4. 31710. DOI: 10.1039/c4ra04791e
- JOSE, S.** (2009): Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems*. 76. 1–10.
- JUBERG, D. R.** – **BUS, J.** – **KATZ, D.S.** (2008): The Opportunities and Limitations of Biomonitoring. Policy Brief. No. S2008-01 • ISBN: 1-890624-73-X
- KÁDÁR, M.** – **MARISOL, J. B.** – **HELLEBRANDOVA, M.** – **DOMÉNECH, E.** – **ESCRICHE, I.** (2010): Volatile Fraction Composition of Acacia (*Robinia Pseudoacacia*) Honey from Romania, Spain and Check Republic. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture*. 2. 67. DOI:
- KAISER, H. F.** (1960): The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*. 20. 141–151. <https://doi.org/10.1177/001316446002000116>
- KEDZIERSKA-MATYSEK, M.** – **FLOREK, M.** – **WOLANCIUK, A** – **SKAŁECKI, P.** – **LITWIŃCZUK, A.** (2016): Characterisation of viscosity, colour, 5-hydroxymethylfurfural content and diastase activity in raw rape honey (*Brassica napus*) at different temperatures. *J Food Sci Technol*. 53. 2092–2098. DOI 10.1007/s13197-016-2194-z
- KERKVLIT, J. D.** – **SHRESTHA, M.** – **TULADHAR, K.** – **MANANDHAR, H.** (1995): Microscopic detection of adulteration of honey with cane sugar and cane sugar products. *Apidologie*. 26. 131–139.
- KERRY, R. G.** – **MONTALBO, F. J. P.** – **DAS, R.** – **PATRA, S.** – **MAHAPATRA, G. P.** – **MAURYA, G. K.** – **NAYAK, V.** – **JENA, A. B.** – **UKHUREBOR, K. E.** – **JENA, R. C.** – **GOUDA, S.** – **MAJHI, S.** – **ROUT, J. R.** (2022): An overview of remote monitoring methods in biodiversity conservation. *Environmental Science and Pollution Research*. 29. 80179–80221.
- KESSLER, S. C.** – **TIEDEKEN, E. J.** – **SIMCOCK K. L.** – **DERVEAU S.** – **MITCHELL J.** – **SOFTLEY S.** – **RADCLIFFE A.** – **STOUT J. C.** – **WRIGHT G. A.** (2015): Bees prefer foods containing neonicotinoid pesticides. *Nature*. 521. 74-76.
- KHAN, K. A.** – **GHRAMH, H. A.** (2021): Pollen source preferences and pollination efficacy of honey bee, *Apis mellifera* (Apidae: Hymenoptera) on *Brassica napus* crop. *Journal of King Saud University – Science*. 33. 101487.
- KHANSARITOREHA, E.** – **SALMAKIB, Y.** – **AZIRANIC, T.A.** – **HENAREHD, F.** – **ALIZADEHA, K.** – **RAMEZANID, E.** – **ZARREB, S.** – **BECKHE, G.** – **BEHLING, H.** (2021): The sources and quality of Iranian honey. *Heliyon*. 7. e06651.
- KLATT, B. K.** – **HOLZSCHUCH, A.** – **WESTPAL, C.** – **CLOUGH, Y.** – **SMIT, I.** – **PAWELZIK, E.** – **TSCHARNTKE T.** (2013): Bee pollination improves crop quality shelf life and commercial value. *Proceeding of the Royal Society*. 281. 20132440.
- KOOHAFKAN, P.** – **ALTIERI, M.A.** (2011): Globally Important Agricultural Heritage Systems. A Legacy for the Future. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.
- KRUŽÍK, V.** – **GRÉGROVÁ, A.** – **ZIKOVÁ, A.** – **ČÍŽKOVÁ, H.** (2019): Rape honey: determination of botanical origin based on volatile compound profiles. *Journal of Food & Nutrition Research*. 58. 339. ISSN1336-8672
- KÜCÜK, M.** – **KOLAYH, S.** – **KARAOGLU, S.** – **ULUSOY, E.** – **BALTACI, C.** – **CANDAN, F.** (2007): Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chemistry*. 100. 526 - 534. [HTTPS://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.010](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.010)

- LAJAD, R.** – ARENAS, A. (2024): Honey bee colonies change their foraging decisions after in-hive experiences with unsuitable pollen. *Journal of Experimental Biology*. 227. jeb246233. <https://doi.org/10.1242/jeb.246233>
- LAL, R.** – STEWART, B. A. (2012): *World soil resources and food security*. CRC Press. Taylor & Francis Group. International Standard Book Number-13: 978-1-4398-4451-9
- LAMPEITL, F.** – FRANZ, K. (1997): *Méhészke*. Ulmer & Hogyf Editio Budapest. 140-144.
- LEAKEY, R. R. B.** (1996): Definition of agroforestry revisited, *Agroforestry Today*. 8. 5-7.
- LEDJANAC, S.** – HOXHA, F. – JASNIĆ, N. – TASIĆ, A. – JOVANOVIĆ, M. – BLAGOJEVIĆ, S. – PLAVŠA, N. – TOSTI, T. (2024): The Influence of the Chemical Composition of Beeswax Foundation Sheets on Their Acceptability by the Bee's Colony. *Molecules*. 29. 5489. doi: 10.3390/molecules29235489
- LESA, M. A.** (2021): Foraging behaviour of Apidae bees on rapeseed flowers *Brassica napus* under open conditions. *Xi'an ShiyouDaxueXuebao (ZiranKexue Ban)/ Journal of Xi'an Shiyou University, Natural Sciences Edition*. 64. ISSN:1673-064X. DOI 10.17605/OSF.IO/VBQZE
- LOUVEAUX, J.** – MAURIZIO, A. – VORWOHL G. (1978): *Methods of Melissopalynology*. *Bee World*. 59. 139-157.
- LUKÁCS, G.** (1997): A méz pollenvizsgálatának alkalmazásáról és használatosságáról. Budapest. *Élelmiszervizsgálati közlemények*. (43) 3. pp. 198-207. ISSN: 0422-9576. <http://acta.bibl.u-szeged.hu/id/eprint/79939>
- CUEVAS-GLORY, L. F.** – PINO, J. A. – SANTIAGO, L. S. – SAURI-DUCH, E. (2007): A review of volatile analytical methods for determining the botanical origin of honey. *Food Chemistry*. 103. 1032-1043.
- JUAN-BORRÁS, M.** – HELLEBRANDOVA, M. – ESCRICHE, I. (2014): Effect of country origin on physicochemical, sugar and volatile composition of acacia, sunflower and tilia honeys. *Food Research International*. 60. 86-94.
- MA, T.** – ZHAO, H. – LIU, C. – ZHU, M. – GAO, H. – CHENG, N. – CAO, W. (2019): Discrimination of Natural Mature Acacia Honey Based on Multi-Physicochemical Parameters Combined with Chemometric Analysis. *Molecules*. 24. 2674. <https://doi.org/10.3390/molecules24142674>
- MACHADO, A. M.** – MIGUEL, M.G. – VILAS-BOAS, M. – FIGUEIREDO, A.C. (2020): Honey Volatiles as a Fingerprint for Botanical Origin- A Review on their Occurrence on Monofloral Honeys. *Molecules*. 25. 374. <https://doi.org/10.3390/molecules25020374>
- MĂDAȘ, N. M.** – MĂRGHIȚAȘ, L. A. – DEZMIREAN, D. S. – BONTA, V. – BOBIS, O. – FAUCONNIER, M. L. – FRANCIS, F. – HAUBRUGE, E. – NGUYEN, K. B. (2019): Volatile Profile and Physico-Chemical Analysis of Acacia Honey for Geographical Origin and Nutritional Value Determination. *Foods*. 8. 445.
- MADEJCZYK, M.** – BARAŁKIEWICZ, D. (2008): Characterisation of honey from different areas of Poland by their physico-chemical parameters and trace elements. *Analytica Chimica Acta*. 617. 11-17.
- MANNINA, L.** – SOBOLEV-ARIANNA, A. P. – DI LORENZO, A. – VISTA, S. – TENORE, G. C. – DAGLIA, M. (2015): Chemical Composition of Different Botanical Origin Honeys Produced by Sicilian Black Honeybees (*Apis mellifera* ssp. *sicula*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 63. 25. 5864–5874. <https://doi.org/10.1021/jf506192s>
- MANYI-LOH, C. E.** – NDIP, R. N. – CLARKE, A. M. (2011): Volatile Compounds in Honey: A Review on Their Involvement in Aroma, Botanical Origin Determination and Potential Biomedical Activities. *International Journal of Molecular Science*. 12. 9514-9532. <https://doi.org/10.3390/ijms12129514>

- MARGAOAN, R.** – ARĂDĂVOAICEI, Ș. – SISEA, C. R., CORNEA-CIPCIGAN, M. – CORDEA, M. I. (2023): Methods of Microscopic Slides Preparation to Identify the Pollen Grains Derived from Different Bee Products Scientific Papers. Series D. Animal Science. Vol. LXVI, Issue 1, ISSN 2285-5750. 412-421.
- MARTINEAU, H.** – WILTSHIRE, J. – WEBB, J. – HART, K. – KEENLEYSIDE, C. – BALDOCK, D. – BELL, H. – WATTERSON, J. (2016): Effective performance of tools for climate action policy - meta-review of Common Agricultural Policy (CAP) mainstreaming. Report for European Commission - DG Climate Action. Institute for European Environmental Policy. Ricardo-AEA/R/ED60006/Mitigation Potential. Issue Number V1.1. https://climate.ec.europa.eu/system/files/2016-11/cap_mainstreaming_en.pdf
- MATKOVITS, A.** – NAGY, K. – FODOR, M. – JÓKAI, Z. (2023): Analysis of polyphenolic components of Hungarian acacia (*Robinia pseudoacacia*) honey; method development, statistical evaluation. *Journal of Food Composition and Analysis*. 120. 105336. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105336>
- MAURIZIO, A.** (1958): Beiträge zur quantitativen Pollenanalyse des Honigs. 3. Absoluter Gehalt pflanzlicher Bestandteile in Esparsette, Luzerne, Orangen- und Rapshonigen. *Les Annales de l'Abeille*. 1 (2). pp.93-106. <https://hal.science/hal-00890104v1>
- MCGEOGH, M. A.** (1998): The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews/Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*. 73(2). 181–201. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185x.1997.tb00029.x>
- MILLA, L.** – SCHMIDT-LEBUHN, A. – BOVILL, A. – ENCINAS-VISO, F. (2022): Monitoring of honey bee floral resources with pollen DNA metabarcoding as a complementary tool to vegetation surveys. *Ecological Solutions and Evidence*. 3:e12120.
- MORENO, G.** – PULIDO, F. J. (2008): The functioning, management and persistence of dehesas. *Advances in agroforestry*. 127–160. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8272-6_7
- MOSQUERA-LOSADA, M. R.** – SANTIAGO-FREIJANES, J. J. – ROIS, M. – MORENO, G. – PISANELLY, A. – LAMERSDORF, N. – DEN HERDER, M. – BURGUESS, P. – FERNÁNDEZ-LORENZO, J. L. – GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, P. – RIGUEIRO-RODRIGUEZ, A. (2016): CAP and agroforestry practices in Europe. Book of abstracts. 3rd European Agroforestry Conference: Celebrating 20 years of Agroforestry research in Europe, Montpellier. 2016. 429-430. https://repositorio.ulisboa.pt/bitstream/10400.5/17577/1/EURAFIIIConf_Mosquera_Losada_MR_et_all_page_429_431.pdf
- MOSQUERA-LOSADA M. R.** – SANTIAGO-FREIJANES J. J. – ROIS-DÍAZ M. – MORENO G. – DEN HERDER M. – ALDREY-VÁZQUEZ J. A. – FERREIRO-DOMÍNGUEZ N. – PANTERA A. – PISANELLI A. – RIGUEIRO-RODRÍGUEZ A. (2018): Agroforestry in Europe: A land management policy tool to combat climate change. *Land Use Policy*. 78. 603–613. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.06.052>
- MUREȘAN, C. I.** – CORNEA-CIPCIGAN, M. – SUHAROSCHI, R. – ERLER, S. – MĂRGĂOAN, R. (2022): Honey botanical origin and honey-specific protein pattern: Characterization of some European honeys. *LWT*. 154. 112883. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112883>
- MUTEGI, J. K.** – MUGENDI, D. N. – VERCHOT, L. V. – KUNGU, J. B. (2008): Combining napier grass with leguminous shrubs in contour hedgerows controls soil erosion without competing with crops. *Agroforestry Systems*. 74. 37–49. <https://doi.org/10.1007/s10457-008-9152-3>
- NAASARE, L. I.** – STOUT, J. C. – KWAPONG, P. K. (2024): Beekeeping improves shea pollination and fruit set in West African agroforestry parklands. *Ecological Solutions and Evidence*. 5(2). <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12348>
- NAHYA, N.** (2024): The Bee Bread as Super Food: An up-to-date Review in terms of Chronic Diseases. *Advances in Chronic Diseases*. 1(1). 37–43. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10903146>

- NAIR, P. K. R.** (1985): Classification of agroforestry systems. *Agroforest Systems*. 3(2). 97–128. <https://doi.org/10.1007/BF00122638>
- NAIR, P. K. R.** (1991): State-of-the-art of agroforestry systems. *Forest Ecology and Management*, 45(1–4). 5–29. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(91\)90203-8](https://doi.org/10.1016/0378-1127(91)90203-8)
- NAIR, P. K. R.** (1993): An introduction to agroforestry. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.
- NAIR, P. K. R.** (2011): Agroforestry Systems and Environmental Quality: Introduction. *Journal of Environmental Quality*. 40(3). 784–790. <https://doi.org/10.2134/jeq2011.0076>
- NASCIMENTO, M. B.** – AMORIM, L. R. – NONATO, M. A. S. – ROSELINO, M. N. – SANTANA, L. R. R. – FERREIRA, A. C. R. – RODRIGUES, F. M. – MESQUITA, P. R. R. – SOARES, S. E. (2024): Optimization of HS-SPME/GC-MS Method for Determining Volatile Organic Compounds and Sensory Profile in Cocoa Honey from Different Cocoa Varieties (*Theobroma cacao* L.). *Molecules*. 29(13). 3194. <https://doi.org/10.3390/molecules29133194>
- NAYIK, G. A.** – NANDA, V. (2015): Characterization of the volatile profile of unifloral honey from Kashmir Valley of India by using solid-phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry. *European Food Research and Technology*. 240. 1091–1100. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2413-2>
- NEGRI, I.** – MAVRIS, C. – DI PRISCO, G. – CAPRIO, E. – PELLECCIA, M. (2015): Honey Bees (*Apis mellifera*, L.) as Active Samplers of Airborne Particulate Matter. *PLoS ONE*. 10(7). e0132491. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132491>
- NGUYEN, T. Q. N.** – HANKOVÁ, M. – KRUŽÍK, V. – GRÉGOVÁ, A. – ŠKORPILOVÁ, T. – ŠTARHA, P. – TRAN, V. N. – ČÍŽKOVÁ, H. (2021): Determination of volatile compound profiles and physico-chemical analysis of linden and acacia Czech honey. *Journal of Apicultural Research*. 62(2). 374–382. <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2146346>
- NICOLSON, S. W.** (2022): Sweet solutions: nectar chemistry and quality. *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences*. 377(1853). <https://doi.org/10.1098/rstb.2021.0163>
- NICOLSON, S. W.** – THORNBURG, R.W. (2007): Nectar Chemistry. In: *Nectaries and Nectar* (Nicolson, S.W., Nepi, M., Pacini, E.). Springer. Dordrecht. 215-264. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5937-7_5
- NORIEGA, P.** – BALLESTEROS, J. – DE LA CRUZ, A. – VELOZ, T. (2020): Chemical Composition and Preliminary Antimicrobial Activity of the Hydroxylated Sesquiterpenes in the Essential Oil from *Piper barbatum* Kunth Leaves. *Plants*. 9(2). 211. <https://doi.org/10.3390/plants9020211>
- NORTON, B.** (1988): Commodity, amenity, and morality: The limits of quantification in valuing biodiversity. In: Wilson, E.O., ed. *Biodiversity*. Washington, DC: National Academies Press.
- NOSS, R. F.** (1990): Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical approach. *Conservation Biology*. 4(4). 355–364. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1990.tb00309.x>
- ODDO, L. P.** – BOGDANOV, S. (2004): Determination of honey botanical origin: problems and issues. *Apidologie*. 35(Suppl. 1). S2–S3. <https://doi.org/10.1051/apido:2004044>
- OKWUOSA, O.** – EYO, J. – OMOVWOHWOVIE, E. (2019): Role Of Fish as Bioindicators: A Review *Iconic Research And Engineering Journal*. 2(11). 354-368. ISSN: 2456-8880
- OROIAN, M.** – DRANCA, F. – ROPCIUC, S. – PAULIUC, D. (2023): A comparative study regarding the adulteration detection of honey: Physicochemical parameters vs. impedimetric data. *Current Research in Food Science*. 7. 100642. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100642>
- PAN, C. C.** – LIU, L.D. – ZHAO, H. L. – ZHAO, X. Y. – ZHANG, L. – WANG, L. J. – JIA, X. J. (2012): Pollen Biology of *Robinia pseudoacacia* on Zhen Mountain in Yantai. *Advanced Materials Research*. 356–360. 2748–2751. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.356-360.2748>

- PANDEY, J.** – VERMA, A. (2004): The influence of catchment on chemical and biological characteristics of two freshwater tropical lakes of southern Rajasthan. *PubMed*. 25(1). 81–87. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15303708>
- PANSERI, S.** – BORGONOVO, F. – GUARINO, M. – CHIESA, L. – PIANA, M.L. – RIZZI, R. – MORTARINO, M. (2023): Monitoring Volatile Organic Compounds and Aroma Profile of *Robinia pseudoacacia* L. Honey at Different Storage Temperatures during Shelf Life. *Foods*. 12(16). 3105. <https://doi.org/10.3390/foods12163105>
- PARDON, P.** – REUBENS, B. – REHEUL, D. – MERTENS, J. – DE FRENNE, P. – COUSSEMENT, T. – JANSSENS, P. – VERHEYEN, K. (2017): Trees increase soil organic carbon and nutrient availability in temperate agroforestry systems. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 247. 98–111. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.018>
- PASIAS, N.** – RAPTOPOULOU, K. G. – MAKRIGENNIS, G. – NTAKOULAS, D. D. – LEMBESSIS, D. – DIMAKRIS, V. – KATSINAS, R. – PROESTOS, C. (2022): Finding the optimum treatment procedure to delay honey crystallization without reducing its quality. *Food Chemistry*. 381. 132301. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132301>
- PATTAMAYUTANON, P.** – ANGELI, S. – THAKEOW, P. – ABRAHAM, J. – DISAYATHANOOWAT, T. – CHANTAWANNAKUL, P. (2017): Volatile organic compounds of Thai honeys produced from several floral sources by different honey bee species. *PLoS ONE*. 12(2). e0172099. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172099>
- PAULIUC, D.** – DRANCA, F. – ROPCIUS, S. – OROIAN, M. (2022): Advanced Characterization of Monofloral Honeys from Romania. *Agriculture*. 12(4). 526. <https://doi.org/10.3390/agriculture12040526>
- PENDLETON, M.** (2006): Descriptions of melissopalynological methods involving centrifugation should include data for calculating Relative Centrifugal Force (RCF) or should express data in units of RCF or gravities (g). *Grana*. 45(1). 71–72. <https://doi.org/10.1080/00173130500520479>
- PINTO-CORREIA, T.** – RIBEIRO, N. – SÁ-SOUSA, P. (2011): Introducing the montado, the cork and holm oak agroforestry system of Southern Portugal. *Agroforestry Systems*. 82(2). 99–104. <https://doi.org/10.1007/s10457-011-9388-1>
- PISANI, A.** – PROTANO, G. – RICCOBONO, F. (2008): Minor and trace elements in different honey types produced in Siena County (Italy). *Food Chemistry*. 107(4). 1553–1560. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.029>
- PLIENINGER, T.** – SCHAAR, M. (2008): Modification of land cover in a traditional agroforestry system in Spain: processes of tree expansion and regression. *Ecology and Society*. 13(2). <https://doi.org/10.5751/es-02521-130225>
- PLUTOWSKA, B.** – CHMIEL, T. – DYMERSKI, T. – WARDENCKI, W. (2011): A headspace solid-phase microextraction method development and its application in the determination of volatiles in honeys by gas chromatography. *Food Chemistry*. 126(3). 1288–1298. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.079>
- PONNUCHAMY, R.** – BONHOMME, V. – PRASAD, S. – DAS, L. – PATEL, P. – GAUCHEREL, C. – PRAGASAM, A. – ANUPAMA, K. (2014): Honey Pollen: Using melissopalynology to understand foraging preferences of bees in tropical South India. *PLoS ONE*. 9(7). e101618. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101618>
- POSPIECH, M.** – JAVŮRKOVÁ, Z. – HRABEC, P. – ČÍŽKOVÁ, H. – TITĚRA, D. – ŠTARHA, P. – LJASOVSKÁ, S. – KRUŽÍK, V. – PODSKALSÁ, T. – BEDNÁŘ, J. – BUREŠOVÁ, P. – K., TREMLOVÁ – B. (2021): Physico-Chemical and melissopalynological characterization of Czech honey. *Applied Sciences*. 11(11). 4989. <https://doi.org/10.3390/app11114989>
- POTTS, S. G.** – BIESMEIJER, J.C. – KREMEN, C. – NEUMANN, P. – SCHWEIGER, O. – KUNIN, W.E. (2010): Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*. 25(6). 345–353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>

- PULLENS, J. W. M.** – SHARIF, B. – TRNKA, M. – BALEK, J. – SEMENOV, M.A. – OLESEN, J.E. (2019): Risk factors for European winter oilseed rape production under climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*. 272–273. 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.03.023>
- QIAO, J.** – ZHANG, Y. – HAUBRUGE, E. – WANG, K. – SEEDI, H. – DONG, J. – XU, X. – ZHANG, H. (2024): New insights into bee pollen: Nutrients, phytochemicals, functions and wall-disruption. *Food Research International*. 178. 113934. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.113934>
- RADOVIC, B. S.** – CARERI, M. – MANGIA, A. – MUSCI, M. – GERBOLES, M. – ANKLAM, E. (2001): Contribution of dynamic headspace GC–MS analysis of aroma compounds to authenticity testing of honey. *Food Chemistry*. 72(4). 511–520. [https://doi.org/10.1016/s0308-8146\(00\)00263-6](https://doi.org/10.1016/s0308-8146(00)00263-6)
- RIGGI, L. G. A.** – RADERSCHALL, C. A. – FIJEN, T.P.M. – SCHEPER, J. – SMITH, H.G. – KLEIJN, D. – HOLZSCHUH, A. – AGUILERA, G. – BADENHAUSSER, I. – BÄNSCH, S. – BEYER, N. – BLITZER, E. J. – BOMMARCO, R. – DANFORTH, B. – GONZÁLEZ-VARO, J. P. – GRAB, H. – LE PROVOST, G. – KOVEDA, K. – POTTS, S. G. – RUNDLÖF, M. – STEFFAN-DEWENTER, I. – TSCHARNTKE, T. – VILÀ, M. – WESTPHAL, C. – BERGGREN, Å – LUNDIN, O. (2024): Early-season mass-flowering crop cover dilutes wild bee abundance and species richness in temperate regions: A quantitative synthesis. *Journal of Applied Ecology*. 61(3). 452–464. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14566>
- ROBERTS, J. M. K.** – IRELAND, K. B. – TAY, W. T. – PAINI, D. (2018): Honey bee-assisted surveillance for early plant virus detection. *Annals of Applied Biology*. 173(3). 285–293. <https://doi.org/10.1111/aab.12461>
- ROGERS, C. A.** (1993): Application of aeropalynological principles in palaeoecology. Review of Palaeobotany and Palynology. 79(1–2). 133–140. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(93\)90043-t](https://doi.org/10.1016/0034-6667(93)90043-t)
- ROGERS, C. A.** – WAYNE, P. M. – MACKLIN, E. A. – MUILENBERG, M. L. – WAGNER, C. J. – EPSTEIN, P. R. – BAZZAZ, F. A. (2006): Interaction of the Onset of Spring and Elevated Atmospheric CO₂ on Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) Pollen Production. *Environmental Health Perspectives*. 114(6). 865–869. <https://doi.org/10.1289/ehp.8549>
- ROOT, T. L.** – PRICE, J.T. – HALL, K. R. – SCHNEIDER, S. H. – ROSENZWEIG, C. – POUNDS, J. A. (2003): Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*. 421(6918). 57–60. <https://doi.org/10.1038/nature01333>
- RÓZSÉNÉ-BÜKI, E.** (2024): Pollencsomók vizsgálata növényi és földrajzi eredetre. *Méhészet*. 72(112). <https://magyarmezogazdasag.hu/2024/11/03/pollencsomok-vizsgalata-novenyi-es-foldrajzi-eredetre/>
- RUISINGER, B.** – SCHIEBERLE, P. (2012): Characterization of the key aroma compounds in rape honey by means of the Molecular Sensory Science concept. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 60(17). 4186–4194. <https://doi.org/10.1021/jf3004477>
- RUSSMANN, H.** (1998): Hefen und Glycerin in Blütenhonigen – Nachweis einer Gärung oder einer abgestoppten Gärung. *Lebensmittelchemie*. 52. 116–117.
- SABO, M.** – POTOČNJAK, M. – BANJARI, I. – PETROVIĆ, D. (2011): Pollen analysis of honeys from Varaždin County, Croatia. *Turkish Journal of Botany*. 35. 581–587. <https://doi.org/10.3906/bot-1009-86>
- SAHU, A.** – KUMAR, N. – SINGH, C.P. – SINGH, M. (2023): Environmental DNA (eDNA): Powerful technique for biodiversity conservation. *Journal for Nature Conservation*. 71. 126325. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2022.126325>
- SAJTOS, Z.** – HERMAN, P. – HARANGI, S. – BARANYAI, E. (2019): Elemental analysis of Hungarian honey samples and bee products by MP-AES method. *Microchemical Journal*. 149. 103968. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.103968>

- SAJTOS, Z.** – VARGA, T. – GAJDOS, Z. – BURIK, P. – CSONTOS, M. – LISZTES-SZABÓ, ZS. – JULL, A. J. T. – MOLNÁR, M. – BARANYAI, E. (2022): Rape, sunflower and forest honeys for long-term environmental monitoring: Presence of indicator elements and non-photosynthetic carbon in old Hungarian samples. *The Science of the Total Environment*. 808. 152044. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152044>
- SALONEN A.** – OLLIKKA T. – GRÖNLUND E. – RUOTTINEN L. – JULKUNEN-TIITTO R. (2009): Pollen analyses of honey from Finland. *Grana*. 48(4). 281–289. <https://doi.org/10.1080/00173130903363550>
- SANTORO, A.** – VENTURI, M. – BERTANI, R. – AGNOLETTI, M. (2020): A review of the role of forests and agroforestry systems in the FAO Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) programme. *Forests*. 11(8). 860. <https://doi.org/10.3390/f11080860>
- SAWYER, R.** (1981): *Pollen Identification for Beekeepers*. University College Press, P.O. Box 78, Cardiff, CF1 1XL, U.K. Printed in England by CLE Print Ltd, St Ives, Cambridgeshire, PE27 3LE. ISBN 1-904846-06-8
- SAWYER, R.** (1988): *Honey Identification*. Cardiff Academic Press, 39 Rannoch Drive, Cardiff CF2 6LP, Wales, UK. ISBN 978-1-904846-53-6
- SAWYER, R.** (2010): *Honey Identification*. Cardiff Academic Press ISBN 978-1-904846-53-6
- SCHIEVANO, E.** – STOCCHERO, M. – ZUCCATO, V. – CONTI, I. – PIANA, L. (2019): NMR assessment of European acacia honey origin and composition of EU-blend based on geographical floral markers. *Food Chemistry*. 288. 96–101. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.062>
- SCHNEIDER, A.** (2011): Tests Show Most Store Honey Isn't Honey. *Food Safety News*. Internetes kiadás. (Hozzáfézés dátuma: 2025.07.11.) <https://www.foodsafetynews.com/2011/11/tests-show-most-store-honey-isnt-honey/>
- SFORCIN, J. M.** (2007): Propolis and the immune system: a review. *Journal of Ethnopharmacology*. 113(1). 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.05.012>
- SHIMSHONI, J. A.** – SPERLING, R. – MASSARWA, M. – CHEN, Y. – BOMMURAJ, V. – BORISOVER, M. – BAREL, S. (2019): Pesticide distribution and depletion kinetic determination in honey and beeswax: Model for pesticide occurrence and distribution in beehive products. *PLoS ONE*. 14(2). e0212631. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212631>
- SILICI, S.** – ULUOZLU, O. D. – TUZEN, M. – SOYLAK, M. (2016): Honeybees and honey as monitors for heavy metal contamination near thermal power plants in Mugla, Turkey. *Toxicology and Industrial Health*. 32(3). 507–516. <https://doi.org/10.1177/0748233713503393>
- SMART, M. D.** – CORNMAN, R. S. – IWANOWICZ, D. D. – MCDERMOTT-KUBECZKO, M. – PETTIS, J.S. – SPIVAK, M. S. – OTTO, C. R. V. (2017): A comparison of Honey Bee-Collected pollen from working agricultural lands using light microscopy and ITS metabarcoding. *Environmental Entomology*. nvw159. <https://doi.org/10.1093/ee/nvw159>
- STAWIARZ, E.** (2008): Pollen spectrum of rapeseed honey from the sandomierska upland area. *Journal of Apicultural Science*. 52(1). 83-91.
- STAWIARZ, E.** – WRÓBLEWSKA, A. (2010): Melissopalynological analysis of multifloral honeys from the sandomierska upland area of Poland. *Journal of Apicultural Science*. 54. 65-75.
- STEPHEN, A.** (2014): Pollen – A microscopic wonder of plant kingdom. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. 1. 45–62.
- SVEČNJAK, L.** – CHESSON, L. A. – GALLINA, A. – MAIA, M. – MARTINELLO, M. – MUTINELLI, F. – MUZ, M. N. – NUNES, F. M. – SAUCY, F. – TIPPLE, B. J. – WALLNER, K. – WAŚ, E. – WATERS, T. A. (2019): Standard methods for *Apis mellifera* beeswax research. *Journal of Apicultural Research*. 58(2). 1–108. <https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1571556>

- SZABÓ, B.** – VINCZE, E. – CZÚCH, B. (2016): Flowering phenological changes in relation to climate change in Hungary. *International Journal of Biometeorology*. 60(9). 1347–1356. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1128-1>
- SZABÓ, K.** – KOPONICSNÉ GYÖRKE, D. (2021): Agrárerdészeti megoldások helye az EU 2021-2027-es új pénzügyi keretében. In: *Agrárerdészet a vidékfejlesztés gyakorlatában* (pp.83-91). Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campusa. ISBN 978-615-5599-84-2
- SZCZEŚNA, T.** – RYBAK-CHMIELEWSKA, H. – WAŚ, E. – KACHANIUK, K. – TEPER, D. (2011): Characteristics of Polish unifloral honeys. I. Rape honey (*Brassica napus* L. Var. *oleifera* Metzger). *Journal of Apicultural Science*. 55. 111-119.
- TARAPOULOUZI, M.** – MIRONESCU, M. – DROUZA, C. – MIRONESCU, I.D. – AGRIOPOULOU, S. (2023): Insight into the Recent Application of Chemometrics in Quality Analysis and Characterization of Bee Honey during Processing and Storage. *Foods*. 12(3). 473. <https://doi.org/10.3390/foods12030473>
- THAKUR, M.** – NANDA, V. (2020): Composition and functionality of bee pollen: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 98. 82–106. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.001>
- TOPITZHOFFER, E.** – LUCAS, H. – CARLSON, E. – CHAKRABARTI, P. – SAGILI, R. (2021): Collection and Identification of Pollen from Honey Bee Colonies. *Journal of Visualized Experiments*. 167. e62064. <https://doi.org/10.3791/62064>
- TORRALBA, M.** – FAGERHOLM, N. – BURGESS, P.J. – MORENO, G. – PLIENINGER, T. (2016): Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 230. 150–161. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.002>
- TZANETOU, E. N.** – VOUSAXAKI, E. – MACHERA, K. – VAN DER STEEN, J. – KASIoTIS, K.M. (2024): Volatile Organic Compounds in Honey: Tandem Mass Spectrometry as tool to quantitate priority VOCs. *Separations*. 11(12). 352. <https://doi.org/10.3390/separations11120352>
- UDAWATTA, R. P.** – RANKOTH, L. – JOSE, S. (2019): Agroforestry and Biodiversity. *Sustainability*. 11(10). 2879. <https://doi.org/10.3390/su11102879>
- UDAWATTA, R. P.** – RANKOTH, L.M. – JOSE, S. (2021): Agroforestry for Biodiversity Conservation. In: Udawatta, R.P., Jose, S. (eds) *Agroforestry and Ecosystem Services*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80060-4_10
- URŠULIN-TRSTENJAK, N.** – LEVANIĆ, D. – GALIĆ, A. – BARUŠIĆ, L. – JURICA, K. – VAHČIĆ, N. (2014): Confirming the botanical origin of the Croatian black locust honey (Istria region) using physicochemical parameters during two seasons. *Journal of Hygienic Engineering and Design*. 8. 124–128. <https://www.bib.irb.hr/737243>
- URŠULIN-TRSTENJAK, N.** – PUNTARIĆ, D. – LEVANIĆ, D. – GVOZDIĆ, V. – PAVLEK, Ž. – PUNTARIĆ, A. – PUNTARIĆ, E. – PUNTARIĆ, I. – VIDOSAVLJEVIĆ, D. – LASIĆ, D. – VIDOSAVLJEVIĆ, M. (2017): Pollen, Physicochemical, and mineral analysis of Croatian acacia honey samples: Applicability for identification of botanical and geographical origin. *Journal of Food Quality*. 2017. 1–11. <https://doi.org/10.1155/2017/8538693>
- VAN NOORDWIJK, M.** (2019): Sustainable development through trees on farms: agroforestry in its fifth decade. *World Agroforestry Centre*. (ICRAF).
- VARAH, A.** – JONES, H. – SMITH, J. – POTTS, S. G. (2020): Temperate agroforestry systems provide greater pollination service than monoculture. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 301. 107031. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107031>
- VAUGHN, B.** (2018): The Science Of Using Pollen To Study Honey. *Bee Culture*. The Magazine of American Beekeeping. Internetes kiadás. (Hozzáfértés dátuma: 2025.07.23.) <https://beeculture.com/melissopalynology/>

- VERMA, A. K.** – PRAKASH, S. (2018): A Study on the Population Scenario of Indian Sarus Crane (*Grus antigone antigone*) in and around Alwara Lake of District Kaushambi (U.P.), India. *Asian Journal of Biology*. 5(1). 1–8. <https://doi.org/10.9734/ajob/2018/38911>
- VIGNOLA, R.** – HARVEY, C.A. – BAUTISTA-SOLIS, P. – AVELINO, J. – RAPIDEL, B. – DONATTI, C. – MARTINEZ, R. (2015): Ecosystem-based adaptation for smallholder farmers: Definitions, opportunities and constraints. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 211. 126–132. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.05.013>
- VITYI, A.** – MAROSVÖLGYI, B. – KISS, A. – SCHETTRER, P. (2015): Research and Development Protocol for Arable Agroforestry in Hungary Group. Milestone MS16 Part of Experimental Protocol for Arable Farmers for the EU FP7 Research Project AGFORWARD.
- Vyviurska, O.** – Chlebo, R. – Pysarevska, S. – Špánik, I. (2016): The tracing of VOC composition of acacia honey during ripening stages by comprehensive Two-Dimensional gas chromatography. *Chemistry & Biodiversity*. 13(10). 1316–1325. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201600056>
- VON DER OHE, W.** – PERSANO, ODDO – L., PIANA – M.L., MORLOT – M., MARTIN – P. (2004): Harmonized methods of melissopalynology. *Apidologie*. 35(1). S18–S25. <https://doi.org/10.1051/apido:2004050>
- WANG, J.** – XUE, X. – DU, X. – CHENG, NI. – CHEN, LANZHEN. – ZHAO, J. – CAO, WEI. (2014): Identification of Acacia Honey Adulteration with Rape Honey Using Liquid Chromatography–Electrochemical Detection and Chemometrics. *Food Analytical Methods*. 7(10). 2003–2012. <https://doi.org/10.1007/s12161-014-9833-7>
- WARNASURIYA, S. D.** – UDAYANGA, D. – MANAMGODA, D.S. – BILES, C. (2023): Fungi as environmental bioindicators. *The Science of the Total Environment*. 892. 164583. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164583>
- WEISKOPF, S. R.** – MYERS, B.J.E. – ARCE-PLATA, M. I. – BLANCHARD, J. L. – FERRIER, S. – FULTON, E. A. (2022): A conceptual framework to integrate biodiversity, ecosystem function, and ecosystem service models. *BioScience*. 72(11). 1062–1073. <https://doi.org/10.1093/biosci/biac074>
- WHITE, D. C.** – SMITH, L. (1964): Localization of the Enzymes That Catalyze Hydrogen and Electron Transport in *Hemophilus parainfluenzae* and the Nature of the Respiratory Chain System. *Journal of Biological Chemistry*. 239(11). 3956–3963. [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(18\)91228-7](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(18)91228-7)
- WU, N.** – DONGA, X. – LIUD, Y. – WANG, C. – BAATTRUP-PEDERSENG, A. – RIIS, T. (2017): Using river microalgae as indicators for freshwater biomonitoring: Review of published research and future directions. *Ecological Indicators*. 81. 124–131. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.066>
- YADAV, A.** – GENDLEY, M.K. – SAHU, J. – PATEL, P.K. – CHANDRAKER, K. – DUBEY, A. (2019): Silvopastoral system: A prototype of livestock agroforestry. *The Pharma Innovation Journal*. 8(2). 76–82.
- ZAWAWI, N.** – CHONG, P. J. – TOM, N. D. M. – ANUAR, N. S. S. – MOHAMMAD, S. M. – ISMAIL, N. – JUSOH, A. Z. (2021): Establishing Relationship between Vitamins, Total Phenolic and Total Flavonoid Content and Antioxidant Activities in Various Honey Types. *Molecules*. 26(15). 4399. <https://doi.org/10.3390/molecules26154399>
- ZHANG, Q.** – ZHANG, M. – ZHOU, P. – FANG, Y. – JI, Y. (2018): Impact of tree species on barley rhizosphere-associated fungi in an agroforestry ecosystem as revealed by 18S rDNA PCR-DGGE. *Agrofor Systems*. 92. 541–554. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0086-5>
- Zhang, G. Z.** – TIAN, J. – ZHANG, Y.Z. – LI, S.S. – ZHENG, H.Q. – HU, F.L. (2021): Investigation of the maturity evaluation indicator of honey in natural ripening process: the case of rape Honey. *Foods*. 10(11). 2882. <https://doi.org/10.3390/foods10112882>

ZIELIŃSKI, Ł. – DEJA, S. – JASICKA-MISIAK, I. – KAFARSKI, P. (2014): Chemometrics as a tool of origin determination of polish monofloral and multifloral honeys. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62(13). 2973–2981. <https://doi.org/10.1021/jf4056715>

Szabványok

A MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV. (2002): 1-3-2001/110 számú előírása a mézről 10. melléklet a 152/2009. (XI. 12.) FVM rendelete

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION: General Principles of Food Hygiene CXC 1-1969. FAO/WHO, Rome, 2020. Elérhető: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/en/> (Letöltés dátuma: 2025. 07. 27.)

MAGYAR SZABVÁNY. (1980): Méz kémiai és fizikai vizsgálata. Víz-, illetve szárazanyagtartalom meghatározása. MSZ 6943/-79.

MAGYAR SZABVÁNY. (1980b): Méz kémiai és fizikai vizsgálata. Savfok és pH meghatározása. MSZ 6943/3-80.

MAGYAR SZABVÁNY. (1981): Méz kémiai és fizikai vizsgálata. Diasztáz-aktivitás meghatározása. MSZ-6943/6-81.

MAGYAR SZABVÁNY. (1989): Méz fizikai és kémiai vizsgálata. Hidroximetilfurfurol tartalom (HMF) meghatározása. MSZ 6943/5-1989.

MAGYAR SZABVÁNY. (2017): A méz vizsgálata. 3. rész Mikroszkópos vizsgálat. MSZ 6950-3.

Elektronikus források

[URL1] <https://www.fao.org/4/t4620e/t4620e04.htm> (Hozzáférés dátuma: 2025.06.12.)

[URL2] beeodiversity.com (Hozzáférés dátuma: 2025.06.12.)

[URL3] <http://greenbee.hu/biomonitoring/> (Hozzáférés dátuma: 2025.07.11.)

[URL4] <https://pollenatlas.net/> (Hozzáférés dátuma: 2025.06.12.)

[URL5] <https://www.paladat.org/search/A> (Hozzáférés dátuma: 2025.06.12.)

[URL6] <https://pollen.tstebler.ch/MediaWiki/index.php?title=Pollenatlas#gsc.tab=0> (Hozzáférés dátuma: 2025.07.22.)

[URL7] <https://pollenatlas.net/robinia-pseudacacia-honey> (Hozzáférés dátuma: 2025.06.12.)

[URL8] <https://www.weather-atlas.com/> (Hozzáférés dátuma: 2025.06.12.)

[URL9]. https://docplayer.hu/38347743-Alpokalja-koszegi-es-soproni-hegység.html?utm_source (Hozzáférés dátuma: 2025.06.12.)

[URL10]. <https://natura.2000.hu/hu> (Hozzáférés dátuma: 2025.06.12.)

[URL11]. <https://www.boraszportal.hu/magyarország-borvidekei/soproni-borvidek-5> (Hozzáférés dátuma: 2025.06.12.)

[URL12]. <https://www.dunaipoly.hu/hu/helyek/vedett-teruletek/budai-tajvedelmi-korzet/gerecsei-tajvedelmi-korzet> (Hozzáférés dátuma: 2025.06.12.)

[URL13]. <https://www.sopronkirandulas.hu/sopron/botanikus-kert.html>
(Hozzáférés dátuma: 2025.06.12.)

[URL14]. <https://docplayer.hu/24853724-Kormend-es-kistersege-onkormanyzati-teruletfejlesztési-társulás-agrarstruktúra-es-vidékfejlesztési-program-helyzetelemzés-2004.html> (Hozzáférés dátuma: 2025.06.12.)

[URL15] FORESEE adatbázis: <https://nimbus.elte.hu/FORESEE/index-data.html>
(Hozzáférés dátuma: 2025.06.12.)

[URL16] honeybeesuite.com (Hozzáférés dátuma: 2025.07.25.)

[URL17] www.statskingdom.com) (Hozzáférés dátuma: 2025.07.25.)

Az értekezés témakörében megjelent publikációk

Q1-Q4 folyóiratban megjelent publikációk

DOMINKÓ, E. – NÉMETH, ZS. I. – RÉTFALVI, T. (2024): Classification of acacia, rape and multifloral Hungarian honey types. *Heliyon*. E30498. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30498> (Q1)

DOMINKÓ, E. – KOVÁCS, Z. – RÉTFALVI, T. (2023): The Role of Pollen Analysis in the Sustainable Development. *Chemical Engineering Transactions*. 107. 673-678. DOI: 10.3303/CET23107113 (Q3)

Konferenciaközlemény- teljes szövegű, lektorált, idegen nyelvű

DOMINKÓ, E. – RÉTFALVI-SZABÓ, P. – KOVÁCS, Z. – LAKATOS, F. – RÉTFALVI T. (2020): Investigation of VOC components of honey. Proceedings of the International Conference on Sustainable Economy and Agriculture. 14th november 2019, Kaposvár Hungary. pp. 85-90

Lektorált könyvfejezet

DOMINKÓ E. – RÉTFALVI T. (2023): Agrárerdészeti rendszerekből származó mézminták pollenanalízise. Az Erdőmérnöki Kar Tudományos kiadványa (szerk: Czímber Kornél) Soproni Egyetem Kiadó 2023. 282 p. pp. 74-79.

DOMINKÓ E. – RÉTFALVI T. (2022): Mézek aromakomponenseinek összehasonlító vizsgálata az Erdőmérnöki Kar Tudományos Kiadványa (szerk: Czímber K., Heil B.) Soproni Egyetemi Kiadó 2022. 297 p. pp. 80-84.

DOMINKÓ, E. – RÉTFALVI, T. (2021): Hazai mézek kémiai analitikai vizsgálata. Soproni Egyetem Kiadó, pp. 439-445.

DOMINKÓ, E. – RÉTFALVI, T. (2021): Hazai mézek gázkromatográfiás vizsgálata. Soproni Egyetem Kiadó, pp. 446-452.

Konferencia Kivonat

DOMINKÓ, E. – KOVÁCS, Z. – RÉTFALVI, T. (2024): A GreenBee Projekt referencia területeiről származó pollenek vizsgálati eredményei. Erdészeti Tudományos Konferencia. Sopron, Magyarország (Absztrakt/ Kivonat) 75 p. p. 51.

Egyéb- teljes szövegű, nem lektorált

DOMINKÓ, E. – KOVÁCS, Z. – RÉTFALVI, T. (2023): Pollen, több mint allergia! Weboldal bejegyzés a Soproni Egyetem Erdőmérnöki Karának weboldalán.

Konferencia és előadásanyagok

DOMINKÓ, E. – KOVÁCS, Z. – RÉTFALVI, T. (2023): Pollen, több mint allergia! Pecha Kucha előadás. Sopron, Magyarország.

DOMINKÓ, E. – RÉTFALVI, T. (2022): Mézek aromakomponenseinek összehasonlító vizsgálata. Vegyészkonferencia, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Eger, Magyarország. (poszter)

DOMINKÓ, E. (2022): Pollenvizsgálati eredmények mézmátrixban. Erdészeti Tudományos Konferencia. Sopron, Magyarország (szóbeli előadás).

DOMINKÓ, E. – RÉTFALVI-SZABÓ, P. – KOVÁCS, Z. – LAKATOS, F. – RÉTFALVI T. (2019): Investigation of VOC components of honey samples. Proceedings of the International Conference on Sustainable Economy and Agriculture. 14th november 2019, Kaposvár Hungary (szóbeli előadás).

Ábrajegyzék

1. ábra: Agrárerdészeti rendszerek Európában (Forrás: Current extent and trends of agroforestry in the EU27. Deliverable 1.2: AGFORWARD (613520) (den Herder et al., 2015)	10
2. ábra: A Harkán kihelyezett kísérleti méhészet vizsgálati területének műholdas képe	26
3. ábra: A Bajnán kihelyezett kísérleti méhészet vizsgálati területének műholdas képe.....	28
4. ábra: A Soproni Egyetem Botanikus kertjében kihelyezett méhészet vizsgálati területének műholdas képe.	30
5. ábra: A Körmenten kihelyezett kísérleti méhészet vizsgálati területének műholdas képe	32
6. ábra: A Nagycenken kihelyezett kísérleti méhészet vizsgálati területének műholdas képe	34
7. ábra: A Barbacson kihelyezett kísérleti méhészet vizsgálati területének műholdas képe	36
8. ábra: A harkai és a bajnai agrárerdészeti terület kísérleti méhészetéből 2022-ben és 2023-ban gyűjtött pollencsomók mikroszkópos pollenanalízisének eredményei az egyes növénycsaládok szerinti megoszlásban (A diagramon az oszlopok az egyes pollenminták növénycsalád összetételét ábrázolják százalékos eloszlásban, az oszlopok tetején található számok azt jelzik, hogy az „egyéb <3%” kategórián kívül hány különböző növénycsalád volt jelen az adott mintában. A H, és B jelölések pedig az agrárerdészeti területek (Harka és Bajna) rövidítése. A 2022 és a 2023 pedig a gyűjtés évét jelöli.)	47
9. ábra: A harkai és a bajnai agrárerdészeti terület kísérleti méhészetéből 2022-ben és 2023-ban gyűjtött mézminták mikroszkópos pollenanalízisének eredményei az egyes növénycsaládok szerinti megoszlásban (A diagramon az oszlopok az egyes mézminták növénycsalád összetételét ábrázolják százalékos eloszlásban, az oszlopok tetején található számok azt jelzik, hogy az „egyéb <3%” kategórián kívül hány különböző növénycsalád volt jelen az adott mintában. A H, és B jelölések az agrárerdészeti területek (Harka és Bajna) rövidítése. A 2022 és a 2023pedig a gyűjtés évét szemléltetik.)	53
10. ábra: A harkai agrárerdészeti terület átlagos hőmérséklet- és csapadékadatai a 2022-es és a 2023-as évben (a FORESEE adatbázis értékei alapján [URL15]	56
11. ábra: A bajnai agrárerdészeti terület átlagos hőmérséklet- és csapadékadatai a 2022-es és a 2023-as évben (a FORESEE adatbázis értékei alapján [URL15]	56
12. ábra: A referenciaadatbázishoz használt kontroll akác fajtamézek mikroszkópos pollenanalízisének eredményei növénycsaládonkénti besorolás szerint.....	62
13. ábra: A vizsgált agrárerdészeti akácmézek mikroszkópos pollenanalízisének eredményei növénycsaládonkénti besorolása alapján.....	62
14. ábra: A referenciaadatbázishoz használt kontroll repce fajtamézek mikroszkópos pollenanalízisének eredményei növénycsaládonkénti besorolás szerint.....	63
15. ábra: A vizsgált agrárerdészeti repcemézek mikroszkópos pollenanalízisének eredményei növénycsaládonkénti besorolás alapján	63
16. ábra: A mikroszkópos pollenanalízis eredményei alapján végzett főkomponens-analízishez (PCA) alkalmazott hegyomlás-görbe, amely a főkomponensek számának meghatározásához szolgált.....	73
17. ábra: A főkomponens-analízis (PCA) eredményei alapján a repce-, akác- és agrárerdészeti eredetű mézek pollenprofiljában megfigyelhető eltérő homogenitási és variabilitási mintázatok. A Fuzzy klaszteranalízis segítségével azonosított méz típus-csoportosulások jól elkülönülnek: az akácmézek (kék), a repcemézek (piros), valamint az agrárerdészeti mézek (zöld) klaszterei egyértelműen megfigyelhetők (módosítva az eredeti besorolást).....	74
18. ábra: A VOC analízis eredményei alapján végzett főkomponens-elemzés (PCA) alkalmazott hegyomlás-görbe, amely a főkomponensek számának meghatározásához szolgált.....	77
19. ábra: A főkomponens-analízis (PCA) eredményei alapján a repce-, akác- és agrárerdészeti eredetű mézek VOC profiljában megfigyelhető eltérő homogenitási és variabilitási mintázatok. A Fuzzy klaszteranalízis segítségével azonosított méz típus-csoportosulások jól elkülönülnek: az akácmézek (kék), a repcemézek (piros), valamint az agrárerdészeti mézek (zöld) klaszterei egyértelműen megfigyelhetők (módosítva az eredeti besorolást).....	78
20. ábra: A méz minták csoportosulása az első két főkomponens által alkotott síkban. A 20. A. ábra – A bemeneti mátrixok tartalmazzák az „Akác pollen” és a „Repce pollen” változók adatait, míg a 20.B. ábra esetében nem tartalmazzák.....	88

Táblázatjegyzék

1. TÁBLÁZAT: A VIZSGÁLT AGRÁRERDÉSZETI TÁJAK FŐBB TÁJSZERKEZETI ÉS TERÜLETHASZNÁLATI JELLEMZŐI	38
2. TÁBLÁZAT: A VIZSGÁLT KAPTÁRTERMÉKEKBEN NAGY FAJI DIVERZITÁSSAL RENDELKEZŐ NÖVÉNYCSALÁDOK ALKATEGÓRIÁK SZERINTI FELOSZTÁSA	42
3. TÁBLÁZAT: A VIZSGÁLATI ÉVEK HATÁSA A BAJNAI AGRÁRERDÉSZETI TERÜLETEK KÍSÉRLETI MÉHÉSZETÉBŐL GYŰJTÖTT POLLENCOMÓK MIKROSZKÓPOS POLLENANALÍZISE ÁLTAL BEAZONOSÍTOTT NÖVÉNYCSALÁDOK JELENLÉTÉRE A VIZSGÁLT HÓNAPOKBAN	51
4. TÁBLÁZAT: A VIZSGÁLATI ÉVEK HATÁSA A HARKAI AGRÁRERDÉSZETI TERÜLETEK KÍSÉRLETI MÉHÉSZETÉBŐL GYŰJTÖTT POLLENCOMÓK MIKROSZKÓPOS POLLENANALÍZISE ÁLTAL BEAZONOSÍTOTT NÖVÉNYCSALÁDOK JELENLÉTÉRE A VIZSGÁLT HÓNAPOKBAN	52
5. TÁBLÁZAT: A HARKAI ÉS BAJNAI AGRÁRERDÉSZETI TERÜLETEKRŐL SZÁRMAZÓ POLLENCOMÓK ÉS MÉZEK BRASSICACEAE POLLEN ARÁNYÁNAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA	58
6. TÁBLÁZAT: A HARKAI ÉS A BAJNAI MÉHÉSZETEK RÖPKÖRZETÉBEN ELŐFORDULÓ NÖVÉNYFAJOK SZÁMA A MAGYARORSZÁG EDÉNYES NÖVÉNYEINEK ONLINE ADATBÁZISA ALAPJÁN	59
7. TÁBLÁZAT: A BEAZONOSÍTOTT ILLÉKONY SZERVES VEGYÜLETEK (VOC) ELŐFORDULÁSI A VIZSGÁLT KONTROLL, ILLETVE AGRÁRERDÉSZETI TERÜLETEKRŐL SZÁRMAZÓ MÉZTÍPUSOKBAN	64
8. TÁBLÁZAT: A TÉMATERÜLETBEN MEGJELENT TUDOMÁNYOS PUBLIKÁCIÓKBAN KÖZÖLT BEAZONOSÍTOTT ILLÉKONY SZERVES KOMPONENSEK (VOC) A REPCEMÉZEKBEK	66
9. TÁBLÁZAT: A TÉMATERÜLETBEN MEGJELENT TUDOMÁNYOS PUBLIKÁCIÓKBAN KÖZÖLT BEAZONOSÍTOTT ILLÉKONY SZERVES KOMPONENSEK (VOC) AZ AKÁCMÉZEKBEK	66
10. TÁBLÁZAT: AZ ÁLTALUNK BEAZONOSÍTOTT ILLÉKONY SZERVES VEGYÜLETEK (VOC) A KONTROLL REPCÉ FAJTAMÉZEK, VALAMINT A VIZSGÁLT AGRÁRERDÉSZETI TERÜLETEKRŐL SZÁRMAZÓ REPCEMÉZ MINTÁK 50%, ILLETVE 70% FELETTI ELŐFORDULÁSÁBAN	68
11. TÁBLÁZAT: AZ ÁLTALUNK BEAZONOSÍTOTT ILLÉKONY SZERVES VEGYÜLETEK (VOC) A KONTROLL AKÁCS FAJTAMÉZEK, VALAMINT A VIZSGÁLT AGRÁRERDÉSZETI TERÜLETEKRŐL SZÁRMAZÓ REPCEMÉZ MINTÁK 50%, ILLETVE 70% FELETTI ELŐFORDULÁSÁBAN	70
12. TÁBLÁZAT: AZ ÁLTALUNK VIZSGÁLT MÉZMINTÁK FIZIKAI-KÉMIAI PARAMÉTEREINEK EREDMÉNYEI, ÖSSZEVETVE A SZAKIRODALMI FORRÁSOKBAN KÖZÖLT ÉRTÉKEKKEL A GRUBBS-TEST ALAPJÁN (A KIUGRÓ ÉRTÉKEKET SZÜRKE HÁTTÉRREL JELÖLTÜK)	81
13. TÁBLÁZAT: AZ ÁLTALUNK VIZSGÁLT MÉZMINTÁK ELEMENALITIKAI EREDMÉNYEI, ÖSSZEVETVE A SZAKIRODALMI FORRÁSOKBAN KÖZÖLT ÉRTÉKEKKEL A GRUBBS-TEST ALAPJÁN (A KIUGRÓ ÉRTÉKEKET SZÜRKE HÁTTÉRREL JELÖLTÜK)	81
14. TÁBLÁZAT: A MÉZTÍPUSOK (AKÁCMÉZ, REPCEMÉZ, VEGYESMÉZ) KÉTMINTÁS T-PRÓBA ANALÍZISÉNEK EREDMÉNYEI	83
15. TÁBLÁZAT: AZ AKÁCS- ÉS REPCEMÉZ MINTÁK KORRELÁCIÓS MÁTRIXA	86
16. TÁBLÁZAT: A WILKS-LAMBDA ÉRTÉKEK A HÁROM KÜLÖNBÖZŐ MÉZCSOPORT DISZKRIMINÁCIÓJÁRA	88
17. TÁBLÁZAT: A 2000 ÉS 2022 KÖZÖTT PERGETETT, UGYANAZON TERMELŐTŐL ÉS TERÜLETRŐL SZÁRMAZÓ AKÁCMÉZ POLLENPROFILJA (AZ ABSZOLÚT POLLENSZÁM ÉS A BOTANIKAI EREDET) JELLEMZŐI MÉZMINTÁNKÉNT	91
18. TÁBLÁZAT: AZ EGYES GYŰJTÉSI ÉVEKBEN, A MÉZMINTÁKBAN BEAZONOSÍTOTT EGYÉB KATEGÓRIÁBA SOROLT NÖVÉNYFAJOK RÉSZLETES BEMUTATÁSA	92

Mellékletek

1. melléklet: A harkai agrárerdészeti területen kihelyezett méhészet röpkörzetére (3 km, 5 km) jellemző részletes tájszerkezeti adatok az NHRL kategóriák szerint

HARKA				
Típus	3km (km²)	3km (%)	5km (km²)	5km (%)
Szőlő	5,432500	19,23	12,427500	21,47
Kalászos	2,180000	7,72	9,090000	15,71
Lombhullató	4,977500	17,62	6,865000	11,86
Gyep	3,250000	11,50	4,827500	8,34
Lucerna	1,632500	5,78	4,755000	8,22
Bokor	2,712500	9,60	4,537500	7,84
Gyümölcs	2,110000	7,47	4,357500	7,53
Kapás	1,815000	6,42	4,202500	7,26
Repce	0,625000	2,21	2,597500	4,49
Örökzöld	1,610000	5,70	1,222500	2,11
Kiskert	0,677500	2,40	1,200000	2,07
Beépített alacsony	0,492500	1,74	0,707500	1,22
Alacsony épület	0,337500	1,19	0,332500	0,57
Úthálózat	0,162500	0,58	0,312500	0,54
Nád	0,135000	0,48	0,232500	0,40
Heterogén vízenyős gyep	0,040000	0,14	0,085000	0,15
Vasút	0,000000	0,00	0,047500	0,08
Heterogén fás bokros gyep	0,035000	0,12	0,037500	0,06
Vízenyős	0,007500	0,03	0,025000	0,04
Vizek	0,020000	0,07	0,007500	0,01
Magas épület	0,002500	0,01	0,002500	0,00
Csupasz talaj	0,000000	0,00	0,000000	0,00
Szikes gyep	0,000000	0,00	0,000000	0,00
TOTAL	28,255000	100,00	57,872500	100,00

2. melléklet: A bajnai agrárerdészeti területen kihelyezett méhészet röpkörzetére (3 km, 5 km) jellemző részletes tájszerkezeti adatok az NHRL kategóriák szerint

BAJNA				
Típus	3km (km²)	3km (%)	5km (km²)	5km (%)
Lombhullató	4,940000	17,47	22,870000	29,13
Kapás	7,597500	26,87	16,987500	21,64
Kalászos	6,542500	23,14	16,602500	21,15
Bokor	1,710000	6,05	5,382500	6,86
Kiskert	2,692500	9,52	4,505000	5,74
Gyep	1,135000	4,01	2,930000	3,73
Repce	1,132500	4,00	2,732500	3,48
Lucerna	0,897500	3,17	1,872500	2,39
Örökzöld	0,385000	1,36	1,627500	2,07
Gyümölcs	0,205000	0,72	0,860000	1,10
Úthálózat	0,405000	1,43	0,782500	1,00
Alacsony épület	0,380000	1,34	0,642500	0,82
Beépített alacsony	0,135000	0,48	0,375000	0,48
Nád	0,062500	0,22	0,197500	0,25
Szőlő	0,017500	0,06	0,040000	0,05
Vizek	0,012500	0,04	0,037500	0,05
Víznyós	0,010000	0,04	0,032500	0,04
Heterogén fás bokros gyep	0,005000	0,02	0,015000	0,02
Magas épület	0,012500	0,04	0,012500	0,02
Csupasz talaj	0,000000	0,00	0,000000	0,00
Heterogén víznyós gyep	0,000000	0,00	0,000000	0,00
Szikes gyep	0,000000	0,00	0,000000	0,00
Vasút	0,000000	0,00	0,000000	0,00
TOTAL	28,277500	100,00	78,505000	100,00

3. melléklet: A Soproni Egyetem Botanikus Kertjében telepített agrárerdészeti méhészet röpkörzetére (3 km, 5 km) jellemző részletes tájszerkezeti adatok az NHRL kategóriák szerint

SOPRON				
Típus	3km (km ²)	3km (%)	5km (km ²)	5km (%)
Lombhullató	6,165000	21,79	19,277500	24,56
Bokor	2,165000	7,65	8,937500	11,39
Kiskert	5,260000	18,59	8,647500	11,02
Gyep	1,187500	4,20	5,307500	6,76
Örökzöld	1,432500	5,06	5,217500	6,65
Beépített alacsony	2,650000	9,37	5,185000	6,61
Kalászos	0,560000	1,98	4,525000	5,77
Kapás	0,652500	2,31	4,520000	5,76
Alacsony épület	3,365000	11,89	4,140000	5,27
Úthálózat	2,310000	8,17	3,582500	4,56
Szőlő	0,245000	0,87	2,715000	3,46
Lucerna	0,407500	1,44	2,285000	2,91
Gyümölcs	0,300000	1,06	1,507500	1,92
Magas épület	0,860000	3,04	0,952500	1,21
Vasút	0,397500	1,41	0,592500	0,75
Nád	0,082500	0,29	0,342500	0,44
Heterogén vízenyős gyep	0,135000	0,48	0,322500	0,41
Repce	0,002500	0,01	0,225000	0,29
Heterogén fás bokros gyep	0,085000	0,30	0,127500	0,16
Vízenyős	0,020000	0,07	0,055000	0,07
Vizek	0,007500	0,03	0,025000	0,03
Csupasz talaj	0,000000	0,00	0,000000	0,00
Szikes gyep	0,000000	0,00	0,000000	0,00
TOTAL	28,290000	100,00	78,490000	100,00

4. melléklet: A körmendi agrárerdészeti területen telepített méhészet röpkörzetére (3 km, 5 km) jellemző részletes tájszerkezeti adatok az NHRL kategóriák szerint

KÖRMEND				
Típus	3km (km²)	3km (%)	5km (km²)	5km (%)
Kapás	8,310000	29,44	21,772500	27,73
Lombhullató	2,452500	8,69	12,897500	16,42
Kalászos	6,250000	22,14	11,685000	14,88
Bokor	1,322500	4,68	4,822500	6,14
Repce	2,585000	9,16	4,632500	5,90
Kiskert	2,002500	7,09	4,412500	5,62
Örökzöld	1,255000	4,45	3,860000	4,92
Lucerna	0,687500	2,44	2,407500	3,07
Beépített alacsony	1,032500	3,66	2,345000	2,99
Gyep	0,615000	2,18	2,055000	2,62
Heterogén vízenyős gyep	0,130000	0,46	1,617500	2,06
Úthálózat	0,560000	1,98	1,550000	1,97
Alacsony épület	0,617500	2,19	1,537500	1,96
Gyümölcs	0,152500	0,54	1,102500	1,40
Vizek	0,002500	0,01	0,557500	0,71
Vízenyős	0,087500	0,31	0,552500	0,70
Nád	0,060000	0,21	0,310000	0,39
Vasút	0,062500	0,22	0,190000	0,24
Magas épület	0,042500	0,15	0,162500	0,21
Szőlő	0,002500	0,01	0,042500	0,05
Heterogén fás bokros gyep	0,000000	0,00	0,012500	0,02
Csupasz talaj	0,000000	0,00	0,000000	0,00
Szikes gyep	0,000000	0,00	0,000000	0,00
TOTAL	28,230000	100,00	78,525000	100,00

5. melléklet: A nagycenki agrárerdészeti területen telepített méhészet röpkörzetére (3 km, 5 km) jellemző részletes tájszerkezeti adatok az NHRL kategóriák szerint

NAGYCENK				
Típus	3km (km²)	3km (%)	5km (km²)	5km (%)
Kalászos	8,130000	28,75	17,240000	21,95
Kapás	5,832500	20,63	13,297500	16,93
Lombhullató	2,710000	9,58	8,847500	11,26
Nád	0,030000	0,11	8,425000	10,73
Repce	1,422500	5,03	5,615000	7,15
Szőlő	0,865000	3,06	4,805000	6,12
Bokor	1,220000	4,31	4,027500	5,13
Lucerna	1,127500	3,99	3,362500	4,28
Kiskert	2,210000	7,82	3,282500	4,18
Gyep	1,242500	4,39	2,575000	3,28
Beépített alacsony	1,075000	3,80	1,612500	2,05
Úthálózat	0,875000	3,09	1,452500	1,85
Gyümölcs	0,430000	1,52	1,152500	1,47
Alacsony épület	0,697500	2,47	0,970000	1,24
Heterogén vízenyős gyep	0,045000	0,16	0,860000	1,09
Vízenyős	0,002500	0,01	0,362500	0,46
Vasút	0,145000	0,51	0,300000	0,38
Örökzöld	0,167500	0,59	0,270000	0,34
Magas épület	0,025000	0,09	0,035000	0,04
Vizek	0,012500	0,04	0,025000	0,03
Heterogén fás bokros gyep	0,012500	0,04	0,020000	0,03
Szikes gyep	0,000000	0,00	0,005000	0,01
Csupasz talaj	0,000000	0,00	0,000000	0,00
TOTAL	28,277500	100,00	78,542500	100,00

6. melléklet: A barbaci agrárerdészeti területen telepített méhészet röpkörzetére (3 km, 5 km) jellemző részletes tájszerkezeti adatok az NHRL kategóriák szerint

BARBACS				
Típus	3km (km²)	3km (%)	5km (km²)	5km (%)
Kapás	7,250000	25,64	23,332500	29,72
Kalászos	5,415000	19,15	17,497500	22,28
Lombhullató	4,115000	14,55	7,100000	9,04
Lucerna	2,582500	9,13	6,887500	8,77
Heterogén vízenyős gye	3,090000	10,93	6,430000	8,19
Kiskert	0,717500	2,54	3,575000	4,55
Bokor	1,290000	4,56	2,727500	3,47
Nád	1,295000	4,58	2,400000	3,06
Beépített alacsony	0,407500	1,44	1,602500	2,04
Úthálózat	0,385000	1,36	1,530000	1,95
Alacsony épület	0,237500	0,84	1,465000	1,87
Gyep	0,522500	1,85	1,445000	1,84
Repce	0,367500	1,30	0,967500	1,23
Vízenyős	0,377500	1,34	0,727500	0,93
Vizek	0,042500	0,15	0,192500	0,25
Vasút	0,042500	0,15	0,185000	0,24
Gyümölcs	0,010000	0,04	0,140000	0,18
Örökzöld	0,045000	0,16	0,110000	0,14
Magas épület	0,002500	0,01	0,107500	0,14
Heterogén fás bokros gye	0,067500	0,24	0,067500	0,09
Szikes gye	0,012500	0,04	0,025000	0,03
Csupasz talaj	0,000000	0,00	0,002500	0,00
Szőlő	0,000000	0,00	0,000000	0,00
TOTAL	28,275000	100,00	78,517500	100,00

7. melléklet: A Goethe-féle diasztázaktivitás meghatározása a táblázatban előírt oldatok (mézoldat, 0,02 mol/l ecetsav, 0,1 mol/l NaCl, keményítőoldat, desztillált víz) eltérő cm³-ben kifejezett mennyiségének adagolásával történik 16 cm³ jelzéssel ellátott kémcsövekbe

Kémcső száma	Mézoldat cm ³	Ecetsav 0,02 mol/l oldat cm ³	NaCl 0,1 mol/l oldat cm ³	Keményítő-oldat cm ³	Desztillált víz cm ³	Diasztáz szám
1	10,0	0,5	0,5	1,0	4,0	1,0
2	10,0	0,5	0,5	2,5	2,5	2,5
3	10,0	0,5	0,5	5,0	0,0	5,0
4	7,7	0,5	0,5	5,0	2,3	6,5
5	6,0	0,5	0,5	5,0	4,0	8,3
6	4,6	0,5	0,5	5,0	5,4	10,9
7	3,6	0,5	0,5	5,0	6,4	13,9
8	2,8	0,5	0,5	5,0	7,2	17,9
9	2,1	0,5	0,5	5,0	7,9	23,8
10	1,7	0,5	0,5	5,0	8,3	29,4
11	1,3	0,5	0,5	5,0	8,7	38,5
12	1,0	0,5	0,5	5,0	9,0	50,0

8. melléklet: A fuzzy eljárás alkalmazásához a Borosy és munkatársai (2001) által közölt algoritmus Scilab 6.0 szoftverben kódolva:

```
clear();clc
//
// Fuzzy (□Életlen) csoportosítási módszer bemutatása
//
//for L=2:12
K=7;//K=6; // K - csoportok száma
f=1.2; // f - életlenségi paraméter
//
xy=[-0.10261476 -0.299028513
-0.320275104 -0.288749544
-0.466145594 -0.281836798
-0.280941919 -0.222734829
-0.40126627 -0.156057071
0.752611189 -1.566978369
0.892140804 -1.283549508
0.164960403 -0.770565738
0.133245128 -0.627248946
-0.122324999 -0.473806993
-0.082712678 -0.531685092
-0.062962098 -0.37142773
-0.271041799 -0.23384892
0.435986535 -0.99633497
0.091867609 -0.379736007
0.137337698 -0.253019785
-0.100491593 -0.521472447
```

```

0.023416943 -0.672606364
0.25853979 -0.426140692
-0.31214336 0.062953096
-0.427029298 0.297103676
-0.53718478 0.235163014
-0.705233529 0.227126918
-0.778975402 0.178703606
-0.735385269 0.214848112
-0.717482091 0.205699775
-0.715359621 0.239071687
-0.810383058 0.12316994
-0.635867879 0.269052957
-0.648581909 0.228666076
-0.493120711 0.33835569
-0.551199086 0.278172755
-0.596464543 0.222757184
-0.587191813 0.309325923
-0.431259257 0.335348971
-0.614045146 0.252078423
-0.58005561 0.244514124
-0.641659078 0.247712756
0.054185105 0.481839839
-0.082785645 0.356367067
0.985429036 0.597140579
0.778491899 0.381436073
1.152531987 0.747757249
1.536098196 -0.453685541
-0.13017917 -0.239718063
-0.775489285 0.156104759
0.264717924 0.252398697
0.843846692 0.713244994
1.356563904 0.347560236
-0.029685133 0.237496736
0.368357852 -0.058450836
0.561837241 0.424458123
1.010221271 0.868560193
2.231763273 0.775572812
1.00549403 0.313902291
-0.292107025 -0.054981578];
//xy=xy';
rectv=[0.9*min(xy(:,1)) 0.9*min(xy(:,2)) 1.1*max(xy(:,1)) 1.1*max(xy(:,2))];
plot2d(xy(:,1),xy(:,2),rect=rectv, style=-2)
//
nm=size(xy); n=nm(1,1); m=nm(1,2);
//
magp = ones(K,m); magp=magp/2; magp=magp-rand(K, m,'uniform'); // Magpontok
//magp=[0.2887 0.4998; -0.2561 0.1697];
//          u1 - Fuzzy súlytényezők halmaza

```

```

//
xyatlag = mean(xy,'r');
xyszoras = stdev(xy,'r');
//
//      Kezdeti magpontok
for k=1:K
    magp(k,:) = magp(k,:).*xyszoras*2;
    magp(k,:) = magp(k,:) + xyatlag;
end
//

function [d]=tva(magp, K)
//  Pontok magpontoktól való távplásagai és új súlyértéket
for k=1:K
    for i=1:n
        s=0;
        for j=1:m
            s=s+(xy(i,j) - magp(k,j))^2;
        end
        d(i,k)=sqrt(s);    // xy mátrix elemeinek magpontoktól való Euklideszi távolságai
    end
    if d(i,k)>0 then u0(i,k) = 1/d(i,k); else u0(i,k)=1E+16; end
end
endfunction
//
function [u0]=fu0(d)
for i=1:n
    for k=1:K
        u0(i,k)=1/d(i,k);
    end
end
u01=sum(u0,'c');
for k=1:K
    u0(:,k)=u0(:,k)/u01(:);    //  u0 - (fh) életlenségi gyakoriságok relativizálása
end
endfunction
//
//
function [u1]=fu(d);
//  u értékek számítása
for i=1:n
    for k=1:K
        s=0;
        for c=1:K
            s = s + (d(i,k)/d(i,c))^(2/(f-1));
        end
        if d(i,k) > 0 then u1(i,k)=1/s; else ; for j=1:K; u1(i,j)=0;end; u1(i,k)=1;end
    end
end

```

```

    end
end
endfunction
//
function [magpnew]=mgpnew(u1)
//    Új magpontok számítása
for k=1:K
    uf0=u1(:,k)^f;
    for j=1:m
        uf1=xy(:,j).*uf0;
        sumuf0=sum(uf0,'r');
        sumuf1=sum(uf1,'r');
        magpnew(k,j)=sumuf1/sumuf0;
    end
end
endfunction
//
// Régi és új magpontok távolsága
//
eps=1;
//
plot2d(xy(:,1),xy(:,2),rect=rectv, style=-2)
plot2d(magp(:,1), magp(:,2), rect=rectv, style=-4)
//
l=0;
d=tva(magp, K);...
u0=fu0(d);
while eps > 0.000001
    d=tva(magp, K);
    u1=fu(d);
    magpnew=mgpnew(u1);
    dmagp = magp - magpnew;
    magp=magpnew;
    du10=u1-u0;
    u0=u1;
    eps=max(abs(du10));
    plot2d(magp(:,1), magp(:,2), rect=rectv, style=-6);
    l=l+1;
end
//
// Szeparálódási, Bezdek-féle felosztási együtthatók és felosztási entrópia
//
Szeparal=0;
Felentrop=0;
for i=1:n
    for k=1:K
        Szeparal=Szeparal+u1(i,k)^2;
        Felentrop=Felentrop+u1(i,k)*log(u1(i,k));
    end
end

```

```
end
end
//Szeparal=sum(u1.*u1);
Felentrop=-Felentrop./n;
Felentrop=Felentrop/(1-K/n);
Bezdek=Szeparal/n;
Bezdek=(K*Bezdek-1)/(K-1);
disp(Bezdek)
disp(Felentrop)
disp(Szeparal)
//end
```

9. melléklet: A 4.1.1 alfejezetben bemutatott bajnai agrárerdészeti területen kihelyezett méhcsaládoktól gyűjtött pollencsomók mikroszkópos pollenanalízisének eredményei a 2022-es és a 2023-as évben. A táblázatban áthúzással jelöltük azokat a hónapokat, amelyekben nem tudtunk pollenmintát venni a méhcsaládoktól.

Növénycsaládok	Vizsgálati év	Vizsgálati hónapok							
		Március	Április	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember	Október
Brassicaceae	2022	0	13	19	0	0	0		
	2023		14	28	0	8	0	0	0
Rosaceae	2022	41	32	4	0	0	0		
	2023		26	28	8	0	0	0	0
Salicaceae	2022	47	18	0	0	0	0		
	2023		48	0	0	0	0	0	0
Lamiaceae	2022	0	5	5	0	6	0		
	2023		5	11	0	7	4	0	4
Asteraceae 1	2022	4	5	0	7	7	6		
	2023		4	3	0	9	17	14	0
Vitaceae	2022	0	0	3	0	0	0		
	2023		0	0	3	0	0	0	0
Cornaceae	2022	0	0	0	3	0	0		
	2023		0	0	0	5	0	0	0
Fabaceae 1	2022	0	14	12	6	0	0		
	2023		0	0	84	57	0	0	0
Papaveraceae	2022	0	0	0	3	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Fagaceae	2022	3	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Apiaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Asteraceae 2	2022	0	0	0	0	74	58		
	2023		0	0	0	0	0	33	9
Asteraceae 3	2022	0	0	0	0	0	11		
	2023		0	0	0	0	0	19	16
Convolvulaceae	2022	0	0	0	0	0	3		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Ranunculaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Boraginaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Fabaceae 2	2022	0	0	9	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Plantaginaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Bignoniaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Asteraceae 4	2022	0	0	0	42	5	0		
	2023		0	0	0	4	14	0	0
Poaceae	2022	0	0	0	3	3	0		
	2023		0	0	0	0	5	0	0
Oleaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	25	0	0	0	0	0
Araliaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	21	70
Scrophulariaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	8	0
Urticaceae	2022	0	0	0	0	0	14		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Adoxaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Caprifoliaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Betulaceae	2022	4	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Sapindaceae	2022	0	9	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Violaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Simaroubaceae	2022	0	0	42	34	0	0		
	2023		0	0	0	9	0	0	0
Tiliaceae	2022	0	0	3	3	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Pinaceae, Piceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Malvaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Geraniaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Polygonaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	3	0
Resedaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	6	0
Rutaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	43	0
Lythraceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Magnoliaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Ulmaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Campanulaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Ericaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Rhamnaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Elaeagnaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Onagraceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Hypericaceae	2022	0	0	0	0	0	0		
	2023		0	0	0	0	0	0	0
Egyéb fajok (<3%)	2022	1	4	3	2	5	2		
	2023		3	5	2	1	8	5	1
Gyűjtött növénycsalád/hónap	2022	5	7	8	7	5	6		
	2023		5	5	4	7	7	5	4

10. melléklet: A 4.1.1 alfejezetben bemutatott harkai agrárerdészeti területen kihelyezett méhcsaládoktól gyűjtött pollencsomók mikroszkópos pollenanalízisének eredményei a 2022-es és a 2023-as évben. A táblázatban áthúzással jelöltük azokat a hónapokat, amelyekben nem tudtunk pollenmintát venni a méhcsaládoktól.

Nővénycsaládok	Vizsgálati év	Vizsgálati hónapok					
		Április	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember
Brassicaceae	2022		71	58	0	36	
	2023	19		23	0		30
Rosaceae	2022		18	11	3	3	
	2023	26		8	4	0	0
Salicaceae	2022		9	0	0	0	
	2023	47		0	0	0	0
Lamiaceae	2022		0	5	0	0	
	2023	0		0	6	0	0
Asteraceae 1	2022		0	0	3	9	
	2023	6		3	10	16	16
Vitaceae	2022		0	16	0	0	
	2023	0		21	5	0	0
Cornaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Fabaceae1	2022		0	5	3	4	
	2023	0		3	5	3	0
Papaveraceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Fagaceae	2022		0	0	74	0	
	2023	0		0	53	0	0
Apiaceae	2022		0	0	13	0	
	2023	0		0	0	0	0
Asteraceae2	2022		0	0	0	41	
	2023	0		0	0	39	9
Asteraceae 3	2022		0	0	0	6	
	2023	0		0	0	33	11
Convulvulaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Ranunculaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Boraginaceae	2022		0	36	9	0	
	2023	0		0	0	0	0
Fabaceae 2	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Plantaginaceae	2022		0	0	5	0	
	2023	0		0	0	0	0
Bignoniaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Asteraceae4	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Poaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Oleaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Araliaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	23
Scrophulariaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Urticaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Adoxaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Caprifoliaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Betulaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Sapindaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Violaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Simaroubaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Tiliaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Pinaceae, Piceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Mahveae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Geraniaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Polygonaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Resedaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	3
Rutaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Lythraceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Magnoliaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Ulmaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Campanulaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Ericaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Rhamnaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Elaeagnaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Onagraceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Hypericaceae	2022		0	0	0	0	
	2023	0		0	0	0	0
Egyéb (<3%)	2022		2	5	4	1	
	2023	2		6	3	9	8
Gyűjtött növénycsalád/hónap	2022		3	5	5	6	
	2023	4		6	8	4	6

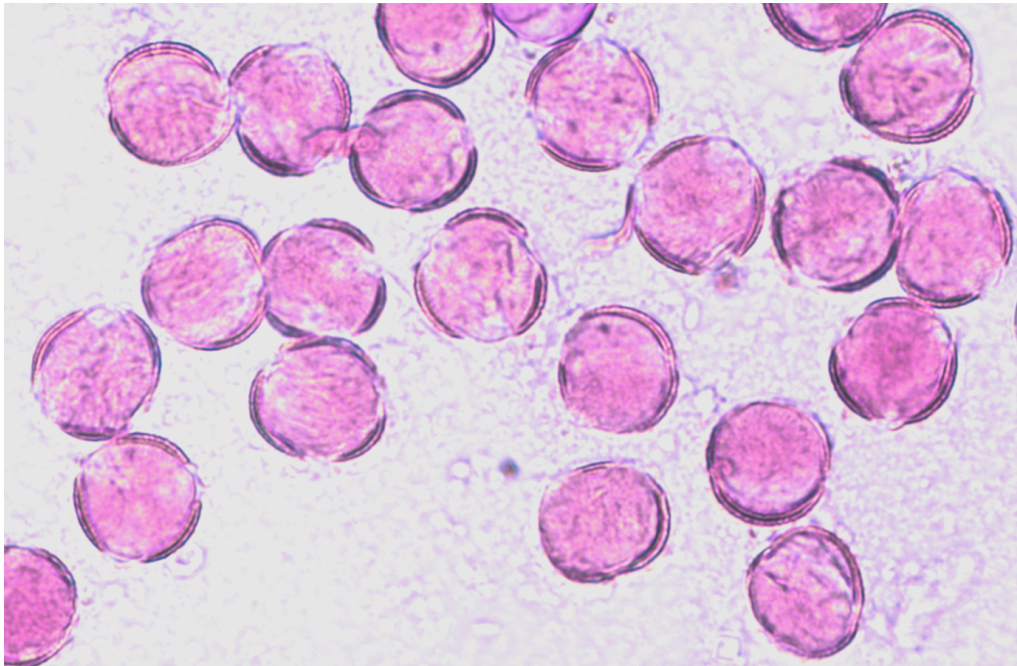
11. melléklet: A 4.1.1 alfejezetben bemutatott bajnai agrárerdészeti terület méhészetéből pergetett mézminták (repce, akác, napraforgó) mikroszkópos pollenanalízisének eredményei a 2022-es és a 2023-as évben.

Növénycsaládok	Vizsgálat év	Pergetett fajtamézek		
		Repceméz	Akácmez	Napraforgóméz
<i>Brassicaceae</i>	2022	86	48	19
	2023	88	71	14
<i>Rosaceae</i>	2022	0	0	0
	2023	3	3	0
<i>Lamiaceae</i>	2022	0	0	0
	2023	0	3	0
<i>Sapindaceae</i>	2022	0	0	0
	2023	0	5	0
<i>Asteraceae1</i>	2022	0	0	6
	2023	0	0	12
<i>Fabaceae1</i>	2022	0	8	17
	2023	0	0	6
<i>Fabaceae2</i>	2022	0	25	0
	2023	0	11	0
<i>Asteraceae4</i>	2022	0	0	31
	2023	0	0	49
<i>Apiaceae</i>	2022	0	0	0
	2023	0	0	4
<i>Cornaceae</i>	2022	0	4	0
	2023	0	0	0
<i>Vitaceae</i>	2022	0	6	4
	2023	0	0	0
<i>Boraginaceae</i>	2022	0	0	4
	2023	0	0	0
<i>Fagaceae</i>	2022	6	0	0
	2023	0	0	0
Egyéb növénycsaládok (<3%)	2022	8	9	19
	2023	9	7	15
Abszolút pollenszám (PG/10g)	2022	88700	18292	14679
	2023	102325	19346	17822

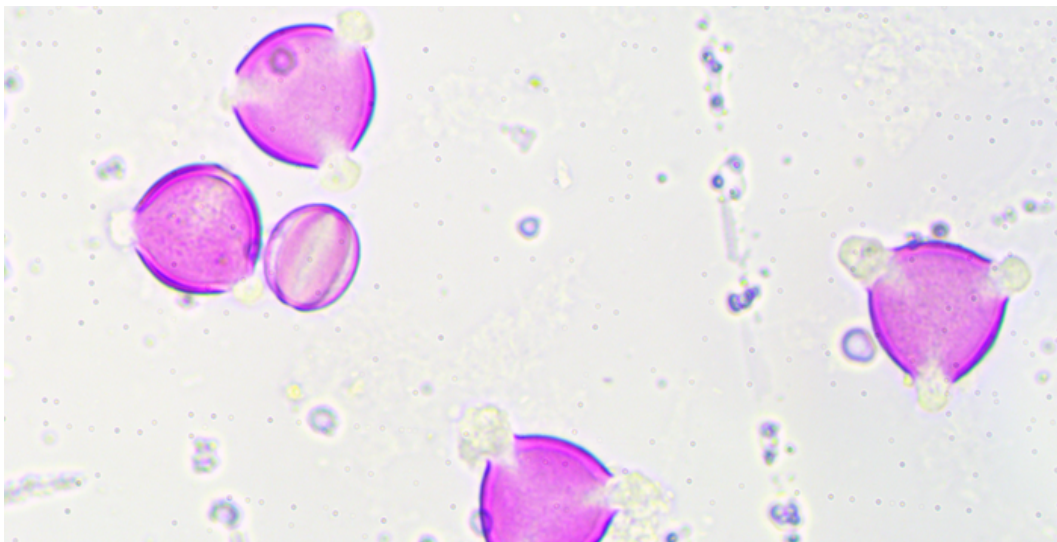
12. melléklet: A 4.1.1 alfejezetben bemutatott harkai agrárerdészeti terület méhészetéből pergetett mézminták (repce, akác, hárs-gesztenye) mikroszkópos pollenanalízisének eredményei a 2022-es és a 2023-as évben.

Növénycsaládok	Vizsgálati év	Pergetett fajtamézek		
		Repceméz	Akácmez	Hárs-gesztenye
<i>Brassicaceae</i>	2022	67	49	5
	2023	79	40	22
<i>Rosaceae</i>	2022	9	15	0
	2023	7	18	3
<i>Lamiaceae</i>	2022	0	6	4
	2023	3	0	0
<i>Sapindaceae</i>	2022	0	0	0
	2023	0	0	0
<i>Asteraceae1</i>	2022	0	0	0
	2023	0	3	3
<i>Fabaceae1</i>	2022	0	9	0
	2023	0	0	0
<i>Fabaceae2</i>	2022	6	12	0
	2023	0	20	0
<i>Asteraceae4</i>	2022	0	0	0
	2023	0	0	0
<i>Apiaceae</i>	2022	0	0	0
	2023	0	0	0
<i>Cornaceae</i>	2022	9	0	0
	2023	3	0	0
<i>Vitaceae</i>	2022	0	3	0
	2023	0	7	0
<i>Boraginaceae</i>	2022	0	0	0
	2023	0	0	3
<i>Fagaceae</i>	2022	0	3	68
	2023	0	7	48
<i>Scrophulariaceae</i>	2022	0	0	9
	2023	0	0	0
<i>Tiliaceae</i>	2022	0	0	6
	2023	0	0	9
<i>Adoxaceae</i>	2022	0	0	0
	2023	0	0	3
Egyéb növényfajok (<3%)	2022	9	3	8
	2023	8	5	9
Abszolút pollenszám (PG/10g)	2022	98704	23607	28355
	2023	115809	18307	20164

13. melléklet: A 4.2 alfejezetben bemutatott kontroll repce fajtaméz minták jellemző mikroszkópos pollenprofilja (400x nagyítással)



14. melléklet: A 4.2 alfejezetben bemutatott kontroll akác fajtaméz minták jellemző mikroszkópos pollenprofilja (400x nagyítással)



16. melléklet folytatása

Fajtajelzők	Mézminták kódja	Beazonosított flékony szerves vegyületek - VOC (csész alatti területek)																											
		hiszaboló- szám B (0)	transz- limonin- oxid	L-α- terpineol	Egypenn	28-es imidekód (benzoin)- Zsosa-12-2- propionil- származék	2- p-cimén / Zsosa-12-2- p-cimén / Ritua	α-zionon	eterp- menth-2,8- diol-1-ol	hidroxip- cimen	citronellal- származék	terpen-2- diol-1,4- metil- imidek- ester	benzodih- id	karvon	10-epi- z- edulon	3-metil- fenzil m- keton	α- murolin	β-keton	γ-badén	δ-badén	IS, ez- kamenol	β-pasatin	citronellil- valerát	2-metil- valerát	5-metil- hexán	3-metil- valerát / lovadrán av			
Repentéz	GGI	100152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	GG2	114817	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	GG3	114818	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	GG4	2026241	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	GG5	1107523	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	GG6	13584196	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GG7	4769448	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	r1	8031634	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	r2	7789377	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	r3	9428459	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	r5	2129264	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	r6	2816701	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	r8	8379061	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	r9	2388041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	r10	2388042	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r12	3706517	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
r13	24315966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
r14	72913965	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
r15	7455611	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Agrárgépzési repentéz	Bajna, repesz-2022	1094801	217637	170205	537506	1987395	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Bajna, 2022,06,22	210142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Harka, 2022,05,13,k	4496145	6496145	2662356	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Harka, 2022,05,13,N	4387348	6696145	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Harka, 2022,04,20	4162436	9011459	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Harka, 2022,04,28	1349073	1466711	2997764	7154545	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Nagyecsk, 2022, repesz	1831198	545232	215995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Balmazújváros, 2022,05,13	1337836	1337836	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Balmazújváros, 2022,04	2477014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Balmazújváros, 2022,05	1966917	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Balmazújváros, 2022,05	2320968	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	84s	0	2128068	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	92s	0	1321845	1303545	1878456	2351511	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	34s	0	1215331	0	198453	1202556	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	36s	0	145802	0	145802	1474662	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
37s	0	1269200	0	130602	7833436	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
38s	0	2443398	0	1054216	7673348	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
41s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
42s	0	2154660	0	1448911	19419038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
45s	0	1319101	0	1667612	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
46s	0	106808	0	106808	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
48s	0	1528807	0	1403331	18857616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
52s	0	0	0	4911644	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
55s	0	3026230	1016330	1596759	84922903	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
56s	0	3138416	0	1126349	15519656	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
58s	0	1617634	0	1280985	21013450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
60s	0	1286813	0	1286813	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
64s	0	2665244	0	1378633	13242739	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Agrárgépzési akácmentéz	Bajna, akác-2022	3100051	1138178	1247320	2745978	11615747	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Harka, 2022,06,22	2229856	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Nagyecsk, 2022, akác	2158745	6658317	0	6375191	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Bajna, 2022, akác	3346532	954885	0	1105526	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Balmazújváros, 2022,06,17	1050273	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Az adott mézmintha 70%-ban megta látható vegyületek szinkódjai:

Az adott mézmintha 50%-ban megta látható vegyületek szinkódjai:

17. melléklet: A 4.2.2 alfejezetben bemutatott pollenanalízis eredményeinek a PCA-hoz felhasznált mátrixa

Fajtanév	Számolás	Mézőmisk kódja	11	12	13	14	15	16	17	18	19	100	111	112	113	114	115	116	117	118	119				
Akkaszték	1	84a	-38,10199729	0,74679942	1,42477038	-4,42188966	-1,88032736	-0,78923276	0,81575846	3,23424492	2,80118888	1,54848731	1,54848731	0,84967304	2,80118888	1,54848731	0,84967304	0,26446462	-0,18306411	0,18306411	0,00202311				
	2	84b	-38,70166044	0,72679727	1,40829732	-4,48237988	-1,78908422	-0,82476888	0,80945769	3,14211551	2,53270489	1,72214044	1,72214044	0,85586625	2,53270489	1,72214044	0,85586625	0,27491976	-0,18306411	0,18306411	0,00202311				
	3	35a	-58,98578966	1,28973888	3,19631482	-3,48998848	-0,19871136	1,38974888	0,32453517	0,63848687	0,63848687	1,38974888	1,38974888	3,19631482	0,63848687	1,38974888	0,63848687	0,35010888	0,02888802	1,23537884	1,87888833	0,00848833			
	4	35b	-58,98578966	1,28973888	3,19631482	-3,48998848	-0,19871136	1,38974888	0,32453517	0,63848687	0,63848687	1,38974888	1,38974888	3,19631482	0,63848687	1,38974888	0,63848687	0,35010888	0,02888802	1,23537884	1,87888833	0,00848833			
	5	36a	-28,39051656	3,67018801	0,34842706	-2,28357112	-4,25849336	-1,10176287	1,82336586	-0,61677732	-1,75888833	1,82336586	1,82336586	-4,25849336	-0,61677732	-1,75888833	-0,28321637	-0,07372712	0,00569723	0,00569723	0,00569723	0,00569723			
	6	36b	-28,39051656	3,67018801	0,34842706	-2,28357112	-4,25849336	-1,10176287	1,82336586	-0,61677732	-1,75888833	1,82336586	1,82336586	-4,25849336	-0,61677732	-1,75888833	-0,28321637	-0,07372712	0,00569723	0,00569723	0,00569723	0,00569723			
	7	38a	-31,91141737	-5,51798824	9,97787379	-4,54323639	-1,43549516	3,42551377	3,42551377	3,42551377	2,62011137	-2,70688833	-2,70688833	0,07495953	0,07495953	-1,21828219	-0,27319648	0,59762206	-0,40682612	-1,04898666	0,82820923	0,00780697			
	8	41a	-35,61740487	-5,54819474	-0,676792318	-3,24263767	-1,90258661	3,42551377	3,42551377	3,42551377	2,62011137	-2,70688833	-2,70688833	0,07495953	0,07495953	-1,21828219	-0,27319648	0,59762206	-0,40682612	-1,04898666	0,82820923	0,00780697			
	9	42a	-67,00221308	-6,74074568	3,42963349	-3,29184305	-1,32724474	-1,34807165	-1,34807165	-1,34807165	-1,69947487	-1,69947487	-1,69947487	-1,69947487	-1,69947487	-1,69947487	-1,69947487	-1,69947487	-1,69947487	-1,69947487	-1,69947487	-1,69947487	0,00481518		
	10	45a	-65,23564534	3,57468226	7,87656338	8,31181403	0,12709906	1,11666524	-0,29237545	-1,75761122	-1,75761122	-1,75761122	-1,75761122	-1,75761122	-1,75761122	-1,75761122	-1,75761122	-1,75761122	-1,75761122	-1,75761122	-1,75761122	-1,75761122	-1,75761122	0,00117326	
	11	46a	-51,17016871	-4,13272969	-0,46240101	-3,23221089	7,30374842	2,45196819	-2,45196819	-0,35911013	-0,35911013	-0,35911013	-0,35911013	-0,35911013	-0,35911013	-0,35911013	-0,35911013	-0,35911013	-0,35911013	-0,35911013	-0,35911013	-0,35911013	-0,35911013	0,00481518	
	12	46b	-54,33898758	6,16679914	2,63896667	-3,25964924	3,12702146	4,33899088	5,43714243	5,43714243	5,43714243	5,43714243	5,43714243	5,43714243	5,43714243	5,43714243	5,43714243	5,43714243	5,43714243	5,43714243	5,43714243	5,43714243	5,43714243	0,00481518	
	13	52a	-55,43349413	-1,46917081	-3,45480151	-1,86971929	2,93492786	1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	0,00481518	
	14	52b	-55,43349413	-1,46917081	-3,45480151	-1,86971929	2,93492786	1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	-1,98148732	0,00481518	
	15	56a	-36,33980772	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	0,00481518	
	16	56b	-36,33980772	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	-4,9162915	0,00481518	
	17	59a	-49,27016316	3,19904266	-2,48432775	3,63438671	-1,99101492	-0,18181483	1,79283088	0,83566844	1,23744893	3,27052686	2,51648671	2,51648671	-1,29241653	-1,29241653	-1,29241653	-1,29241653	-1,29241653	-1,29241653	-1,29241653	-1,29241653	-1,29241653	0,00481518	
	18	64a	-28,17814844	8,82148858	-4,40279304	8,82148858	-4,40279304	8,82148858	-4,40279304	8,82148858	-4,40279304	8,82148858	-4,40279304	8,82148858	-4,40279304	8,82148858	-4,40279304	8,82148858	-4,40279304	8,82148858	-4,40279304	8,82148858	-4,40279304	0,00481518	
	19	64b	-28,17814844	8,82148858	-4,40279304	8,82148858	-4,40279304	8,82148858	-4,40279304	8,82148858	-4,40279304	8,82148858	-4,40279304	8,82148858	-4,40279304	8,82148858	-4,40279304	8,82148858	-4,40279304	8,82148858	-4,40279304	8,82148858	-4,40279304	0,00481518	
	20	64c	-44,52312116	0,68878261	-2,90672153	2,90672153	-1,45336579	1,45336579	-1,45336579	1,45336579	-1,45336579	1,45336579	-1,45336579	1,45336579	-1,45336579	1,45336579	-1,45336579	1,45336579	-1,45336579	1,45336579	-1,45336579	1,45336579	-1,45336579	0,00481518	
Repentész	1	61a	18,15346445	-0,1891789	-10,12831165	2,51146688	12,38643832	-2,83859889	2,51146688	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	0,00481518	
	2	61b	18,15346445	-0,1891789	-10,12831165	2,51146688	12,38643832	-2,83859889	2,51146688	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	-2,22366607	0,00481518	
	3	62a	41,13366911	-0,28315984	-3,25899894	0,18057973	-1,91864594	-0,22589174	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	0,00481518	
	4	62b	41,13366911	-0,28315984	-3,25899894	0,18057973	-1,91864594	-0,22589174	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	-1,15198711	0,00481518	
	5	64a	40,1312234	2,67347076	-0,10342825	0,24422713	-0,19470456	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	0,00481518	
	6	64b	40,1312234	2,67347076	-0,10342825	0,24422713	-0,19470456	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	-0,54222713	0,00481518	
	7	66a	34,70525872	1,01441123	-3,24062499	-0,28303884	-1,09855861	0,03711075	0,11275426	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	0,00481518	
	8	66b	34,70525872	1,01441123	-3,24062499	-0,28303884	-1,09855861	0,03711075	0,11275426	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	-0,451501918	0,00481518	
	9	F1	34,7544986	2,38902936	-1,16245434	0,777161409	-2,417821871	2,34422156	1,42648185	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	0,00481518	
	10	F2	32,52010062	1,240229476	-3,122511356	-1,168579802	-6,95888762	0,777161409	-2,417821871	2,34422156	1,42648185	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	-1,311502665	0,00481518
	11	F4	25,29144302	5,02428822	-0,67412184	-1,121346887	-2,001346692	-2,170788397	-2,170788397	-2,170788397	-2,170788397	-2,170788397	-2,170788397	-2,170788397	-2,170788397	-2,170788397	-2,170788397	-2,170788397	-2,170788397	-2,170788397	-2,170788397	-2,170788397	-2,170788397	-2,170788397	0,00481518
	12	F5	32,93566294	6,24132537	0,99664519	0,83105344	0,174757288	1,87487072	-1,87487072	-1,87487072	-1,87487072	-1,87487072	-1,87487072	-1,87487072	-1,87487072	-1,87487072	-1,87487072	-1,87487072	-1,87487072	-1,87487072	-1,87487072	-1,87487072	-1,87487072	-1,87487072	0,00481518
	13	F6	24,04463099	-1,9121554	-2,13409961	-2,35363271	-6,42957587	-2,28316449	1,269991867	5,92732743	-7,9281														

18. melléklet: A 4.2.2 alfejezetben bemutatott akác- és repce mézminták mikroszkópos pollenanalízisének Fuzzy módszer általi kiértékelése a k=3 klaszterre vonatkozó eredményei

Fajtaméz	Mézminták kódja	K=3	f=1,2	
		Bezdek	Felentrop	Szeperal
		0,9815856	0,0234448	57,287978
		k=1	k=2	k=3
Akácmez	84s	2,489D-12	1,460D-09	1
	92s	1,355D-12	3,727D-10	1
	34s	8,317D-11	9,073D-09	1
	35s	6,126D-08	0,0000046	0,9999953
	36s	5,680D-14	1,888D-11	1
	37s	0,0000009	0,0006895	0,9993096
	38s	0,0000009	0,0051394	0,9948597
	41s	3,045D-10	0,0000001	0,9999999
	42s	5,754D-08	0,00017	0,99983
	45s	0,0000005	0,0000514	0,9999482
	46s	7,334D-10	0,0000001	0,9999999
	48s	1,901D-09	0,0000003	0,9999997
	52s	2,162D-08	0,0000018	0,9999982
	55s	1,045D-08	0,0000054	0,9999946
	56s	1,883D-10	4,407D-08	1
	58s	2,686D-08	0,0000018	0,9999982
	59s	4,169D-11	1,122D-08	1
	64s	0,000001	0,0002174	0,9997816
51s	1,706D-12	2,332D-10	1	
68s	1,925D-08	0,0000038	0,9999962	
Repceméz	GG1	0,9976665	0,0023316	0,0000019
	GG2	0,9999999	7,919D-08	2,144D-09
	GG3	0,9999999	6,931D-08	1,830D-09
	GG4	1	1,232D-09	2,311D-11
	GG5	1	2,906D-08	7,015D-10
	GG6	1	6,575D-12	9,051D-14
	GG7	1	2,245D-10	3,675D-12
	r1	1	9,849D-12	1,492D-13
	r2	1	3,190D-08	2,409D-10
	r3	1	4,578D-10	8,475D-12
	r4	1	5,837D-09	8,061D-11
	r5	1	1,520D-10	3,142D-12
	r6	1	4,129D-08	2,231D-10
	r8	0,9999999	7,919D-08	2,144D-09
	r9	0,9999999	7,919D-08	2,144D-09
	r10	0,9999994	0,0000006	1,850D-08
	r12	0,9999999	6,682D-08	1,748D-09
r13	0,9999994	0,0000006	1,850D-08	
r14	1	4,540D-09	9,435D-11	
r15	1	7,033D-12	9,819D-14	
Agráreredészeti mézek	Bajna, repce 2022	1	3,730D-09	1,910D-11
	Bajna, akác 2022	0,0027561	0,9862976	0,0109463
	Harka, 2021.05.04	0,9802752	0,0197157	0,0000091
	Harka, 2022.05.15.K	0,9762012	0,0237681	0,0000307
	Harka, 2022.05.15.N	0,9905863	0,0093946	0,0000191
	Harka, 2023.04.20	0,0004836	0,9644775	0,0350389
	Harka, 2023.05.22	0,9999991	0,0000009	2,781D-09
	Harka, 2023.06.22	0,0000064	0,9978289	0,0021647
	Harka, 2024.04.28	0,0015917	0,9984008	0,0000075
	Nagycenk, 2022.akác	0,6006432	0,3989379	0,0004189
	Nagycenk, 2022.repce	1	5,854D-12	7,534D-14
	Bajna, 2023. akác	0,9985338	0,0014591	0,0000071
	Bajna, 2023.repce	1	9,859D-13	1,127D-14
	SOE, 2022.04	5,174D-08	0,9999999	1,304D-08
	SOE, 2022.05	0,9976036	0,002394	0,0000024
SOE, 2022.06.01	0,0000168	0,9999826	0,0000006	
SOE, 2020.06.17	0,0000019	0,9999715	0,0000267	
Barbacs, 2023. 05	1	5,854D-12	7,534D-14	

20. melléklet: A 4.2.3 alfejezetben bemutatott akác- és repce mézminták VOC analízisének Fuzzy módszer általi kiértékelése a k=3 klaszterre vonatkozó eredményei

Fajtaméz	Mézminták kódja	K=3	f=1,2	
		Bezdek	Felentrop	Szeperal
		0,9595554	0,0534916	54,490068
		k=1	k=2	k=3
Akácmez	84s	2,520D-09	1	4,944D-11
	92s	2,418D-11	1	2,727D-13
	34s	8,679D-08	0,9999999	1,011D-09
	35s	0,0000008	0,9999992	7,576D-09
	36s	0,0000002	0,9999998	2,466D-09
	37s	0,0000001	0,9999999	1,243D-09
	38s	0,0000001	0,9999999	1,674D-09
	41s	0,0000025	0,9999975	1,756D-08
	42s	1,225D-08	1	1,814D-10
	45s	9,375D-09	1	1,058D-10
	46s	9,219D-09	1	2,363D-10
	48s	7,500D-10	1	1,178D-11
	52s	5,434D-10	1	5,699D-12
	55s	8,870D-09	1	1,737D-10
	56s	1,554D-08	1	4,176D-10
	58s	3,213D-09	1	4,198D-11
59s	4,698D-10	1	5,748D-12	
64s	9,637D-09	1	1,235D-10	
Repcemez	GG1	0,9845989	0,0153992	0,0000019
	GG2	0,1442329	0,8557636	0,0000036
	GG3	0,0098577	0,9901413	0,0000009
	GG4	0,0536716	0,9463262	0,0000022
	GG5	0,0004108	0,9995891	8,438D-08
	GG6	0,995393	0,0020578	0,0025492
	GG7	0,9954653	0,0010868	0,0034479
	r1	1	1,432D-08	5,143D-10
	r2	1	2,315D-13	4,207D-15
	r3	0,9998072	0,0001927	8,515D-08
	r4	0,9999889	0,0000111	1,191D-08
	r5	0,999543	0,0004568	0,0000002
	r6	0,0925817	0,9074153	0,0000003
	r8	0,9999768	0,0000169	0,0000063
	r9	0,9999973	0,0000027	1,204D-08
	r10	0,9996756	0,0003224	0,0000002
r12	0,9999709	0,0000291	2,382D-08	
r13	1	2,394D-08	1,674D-10	
r14	0,9999999	7,501D-08	4,206D-09	
r15	0,0000007	0,9999993	1,287D-09	
Agrárerdészeti mézek	Bajna, repce 2022	0,0044118	0,9916195	0,0039687
	Bajna, akác 2022	0,0003846	0,9995772	0,0000382
	Harka, 2021.05.04	2,180D-09	1,170D-09	1
	Harka, 2022.05.15.K	0,000013	0,0000043	0,9999827
	Harka, 2022.05.15.N	1,510D-08	9,514D-09	1
	Harka, 2023.04.20	0,0435671	0,0006091	0,9558239
	Harka, 2023.05.22	0,8262927	0,1736999	0,0000074
	Harka, 2023.06.22	0,0000008	0,9999992	6,614D-09
	Harka, 2024.04.28	0,2139516	0,6765027	0,1095456
	Nagyecenk, 2022.akác	0,0000013	0,0000016	0,9999997
	Nagyecenk, 2022.repce	1,722D-08	2,321D-09	1
	Bajna, 2023. akác	0,0021524	0,9977781	0,0000695
	Bajna, 2023.repce	0,9821085	0,0117725	0,0061191
	SOE, 2022.04	0,0018641	0,0020102	0,9961257
	SOE, 2022.05	0,0000008	0,0000001	0,9999982
SOE, 2022.06.01	0,0004139	0,0001276	0,9994584	
SOE, 2020.06.17	1,934D-08	2,744D-09	1	
Barbacs, 2023. 05	0,0001293	0,9998707	5,431D-08	

21. melléklet: A 4.3 fejezethez felhasznált akác, repce és vegyes mézminták fizikokémiai paramétereinek nyers adatai, a normalitás vizsgálat eredményei, a t-értékek, a korrelációanalízishez és a PCA analízishez felhasznált minták (világoskék színnel jelölve). A sárga háttérrel jelölt adatok kiugró értékek, a StatsKingdom Shapiro–Wilk tesztje alapján.

Mintaazonosító (Akácmezék)	Víztartalom (%)	Brix (%)	Savfok	pH	Elektromos vezetőképesség (mS)	Szacharóz (%)	Fruktóz (%)	Glükóz (%)	Fruktóz/Glükóz arány	Diasztáz aktivitás	HMF	Akác pollen	Repce pollen
A1	15,5	83	1			1,56	42,95	26,38	1,63	8,3	16,52	16	2
A2	15,8	82,5	0,85	3,67	0,14	0,82	41,43	26,53	1,56	8,3	0,043	23	0
A3	15,4	83	0,95	3,75	0,153	0,36	41,9	29,47	1,42	8,3	0,12	15	5
A4	19	79	1	3,61	0,159	0,07	44,35	29,83	1,49	6,5	0,14	24	12
A5	15,2	83,1	0,9	3,8	0,137	0,29	42,18	26,54	1,59	6,5	0,09	29	0
A6	17,5	81	1,25	3,82	0,174	0,13	41,13	29,2	1,41	8,3	0,1	19	0
A7	17,5	80,6	0,95	3,72	0,151	0,12	42,02	28,59	1,47	8,3	0,08	16	7
A8	14,9	83,5	1,3	3,62	0,168	0,7	43,19	28,18	1,53	8,3	0,15	18	4
A9	14	84,5	0,85	3,81	0,137	0,65	43,76	27,3	1,6	6,5	0,11	15	0
A10	14,9	83,5	0,9	3,88	0,128	1,04	43,43	29,58	1,47	8,3	0,2	18	10
A11	14	84,5	0,8	3,73	0,138	0,36	43,79	27,3	1,6	8,3	0,81	21	3
A12	16	82,5	0,8	3,54	0,155	0,71	44,06	28,07	1,57	8,3	0,07	34	11
A13	14,5	84,2	0,75	3,71	0,137	0,26	45,12	31,11	1,45	8,3	0,13	22	0
A14	14,25	84	1,3	3,76	0,131	0,7	40,32	32,17	1,25	8,3	2,1	20	7
A15	15	83,5	0,8	3,7	0,146	0,78	41,11	31,87	1,29	6,5	2,95	19	8
A16	14,5	84	0,9	3,78	0,179	0,2	41,31	28,76	1,44	6,5	3,7	16	8
A17											5,75	19	12
A18	14,5	84	0,85	3,8	0,146	0,77	41,87	30,54	1,37	8,3	4,5	25	7
A19	14,5	84,2	0,9	3,79	0,141	0,29	39,82	29,91	1,33	8,3	4,68	20	8
A20	15	83,5	0,95	3,87	0,151	1,06	41,76	30,5	1,37	6,5	2,64	16	13
A21	17,15	81,15	0,75	3,72	0,111	16,76	31,54	20,9	1,51	2,5	1,6	21	0
A22	15,5	82,9	0,7	3,7	0,114	15,74	29,65	19,9	1,49	2,5	2,75	15	8
A23						16,25	36,89	25,45	1,45			27	9
A24						12,15	36,97	24,09	1,53			19	15
A25						11,58	36,26	23,2	1,56			16	12
A26						7,12	38,07	27,78	1,37			22	13
A27						3,46	41,12	28,68	1,43			26	14
A28	14,9	83,6	0,8	3,68	0,14	0,19	42,23	27,11	1,56	8,3	4,06	16	3
A29	14,25	84,1	0,8	3,36	0,212	0,22	41,67	27,11	1,54	8,3	3,86	16,5	20
A30	17,5	80,65	0,9	3,79	0,122	4,64	38,85	26,88	1,45	8,3	0,7	31	8
A31	14,25	84,2	0,6	3,86	0,118	0,67	43,19	26,7	1,62	8,3	1,65	19	24
A32	15,5	83	0,8	3,86	0,137	0,78	40,14	25,78	1,56	6,5	3,45	17	9
A33	15,25	83,25	0,9	3,86	0,137	0,63	40,14	25,99	1,54	8,3	4,35	20	7
A34	14,5	84	0,8	3,96	0,113	0,41	40,22	23,98	1,68	10,9	1,49	24	11
A35	14,5	83,75	0,6	3,99	0,098	0,33	38,66	22,62	1,71	8,3	1,62	19	15
A36	16,5	82,5	0,75	3,83	0,111	0,16	38,94	23,92	1,63	8,3	2,34	21	5
A37	14,7	83,75	0,65	3,99	0,107	0,27	38,57	22,64	1,7	6,5	3,67	18	17
A38	15,5	83,25	0,65	3,96	0,102	0,21	36,46	21,73	1,68	8,3	1,63	17	12
A39	16,8	81,5	1	3,62	0,135	1,2	38,49	23,6	1,63	8,3	1,64	23	4
A40	16,5	81,75	1,35	3,75	0,139	0,37	39,17	24,48	1,6	8,3	5,23	17	8
A41	13,25	85,1	0,95	3,99	0,169	0,09	39,57	23,85	1,66	10,9	5,8	21	13
A42						0,15	37,18	25,05	1,48			27	9
A43						0,21	38,36	24,31	1,58			18	13
A44	15,5	82,75				0,3	39,43	24,74	1,59			22	13
A45	15	83,5				0,46	38,22	24,59	1,55			23	10
A46	13	85,75				1,48	37,94	24,82	1,53			19	12
A47	14	84,5	0,95	3,87	0,143	0,25	46,7	24,35	1,92	6,5	17,8	17	24
A48						0,21	43,81	28,57	1,53			17	13
A49												24	14
A50	18,8											26	11
A51						0,13	44,05	27,02	1,63			19	9
A52						0,55	43,64	26,97	1,62			16	4
A53			0,95	3,76	0,125	1,26	43,65	27,1	1,61	6,5	5,83	17	8
A54			0,9	3,69	0,128	1,91	43,6	27,87	1,56	5	4,52	20	10
A55			0,9	3,78	0,129	0,62	43,87	28,31	1,55	8,3	5,46	23	12
A56	14,5	84	0,9	3,74	0,145	0,16	39,31	23,4	1,68	10,9	4,6	17	33
A57	14	84,5	0,85	3,8	0,13	0,45	39,85	23,87	1,67	10,9	3,63	18	34
A58	15,5	82,75	1,25	3,77	0,174	0,11	39,31	26,33	1,49	17,8	8,17	21	11
A59	16,75	81,75	0,9	3,79	0,142	0,3	40,33	24,65	1,64	10,9	2,42	19	0
A60	13,5	85	1,25	3,77	0,193	0,21	42,2	28,59	1,48	10,9	10,5	17	29
A61	14	84,5	1	3,67	0,159	0,8	44,84	27,15	1,65	8,3	4,96	20	9
A62						0,15	44,32	27,42	1,62			18	11
A63	14	84,5	0,85	3,86	0,131	0,87	43,55	26,95	1,62	6,5	4,28	35	13
A64	14,5	84	0,9	3,74	0,139	0,18	44,67	27,06	1,65	10,9	7,05	15	7
A65												17	7
A66						0,23	44,98	27,43	1,64			16	8
A67											4,6	17	1
A68						10,12	36,95	23,58	1,57			19	12
Shapiro–Wilk-féle normalitásvizsgálat	H0	H0	H1	H0	H0	H1	H0	H0	H0	H1	H1	H1	H1
H0	Feltételezhető, hogy az adatok normál eloszlásúak.												
H1	Feltételezhető, hogy az adatok nem normál eloszlásúak.												
Az átlagok, a szórások (St.dev) és a variációs együtthatók (CV) a kiugró értékek nélkül.													
	Víztartalom (%)	Brix (%)	Savfok	pH	Elektromos vezetőképesség (mS)	Szacharóz (%)	Fruktóz (%)	Glükóz (%)	Fruktóz/Glükóz arány	Diasztáz aktivitás	HMF	Akác pollen	Repce pollen
n:	43	44	37	45	44	54	61	63	61	44	45	64	63
Átlag	14,91279	83,49545	0,875676	3,781333	0,1379318	0,507222	41,1782	26,48175	1,548033	8,188636	2,846289	19,35156	8,52381
St.dev:	0,946428	1,042739		0,103212	0,019231		2,596699	2,639217	0,097122				
CV (St.dev/átlag)	0,063464	0,012489		0,027295	0,1394242		0,06306	0,099662	0,062739				

21. melléklet folytatása

Mintaazonosító (Repcemézek)	Víztartalom (%)	Brix (%)	Savfok	pH	Elektromos vezetőképesség (mS)	Szacharóz (%)	Fruktóz (%)	Glükóz (%)	Fruktóz/Glükóz arány	Diasztáz aktivitás	HMF	Akác pollen	Repcé pollen
R1	14	84,5	1,05	3,74	0,19	0,67	38,49	36,51	1,05	8,3	3,07	0	82
R2	13,5	84,5	1,1	3,71	0,28	0,1	36,69	37,08	0,99	8,3	3,08	4	78
R3	17	81	1	3,66	0,17	0,59	38,23	39,56	0,97	5	1,95	0	78
R4	15	83,5	0,9	3,89	0,171	0,23	39,84	37,76	1,06	13,9	0,3	0	84
R5	14,5	84	1	3,92	0,176	0,28	40,34	39,61	1,02	17,9	0,3	1	87
R6	14,5	84	1,25	3,83	0,201	0,16	38,23	37,83	1,01	13,9	3	0	86
R7	16	82	0,85	3,86	0,133	0,13	39,5	39,1	1,01	8,3	1	0	93
R8	15	83	1,05	3,97	0,237	0,11	35,87	41,97	0,85	10,9	0,8	0	78
R9	15,5	83	1,05	3,73	0,151	0,06	37,33	36,93	1,01	5	5	0	80
R10	15	83,5	1,1	3,61	0,208	0,11	38,27	39,7	0,96	17,9	2,5	2	89
R11	16,5	82	1,2	3,76	0,213	0,15	38,53	38,53	1	10,9	0,003	0	66
R12	18	80,5	1,05	3,71	0,17	0,12	37,87	38,27	0,99	10,9	0	0	87
R13	17	82	1,15	3,58	0,196	0,05	40,4	42,09	0,96	8,3	0	0	74
R14	17,5	80,5	1,4	3,81	0,185	0,14	40,72	41,98	0,97	10,7	0,16	0	67
R15	14,5	84,5	1,05	3,76	0,267	0,57	40,9	39,96	1,02	13,9	3	1,5	73
R16	16	82,5	1,2	3,74	0,199	0,19	39,35	38,01	1,04	17,9	0,52	2	61
R17	16	82,5	1,15	3,72	0,173	0,08	39,01	38,01	1,03	13,9	1,84	0,5	81
R18	16,5	82	1,3	3,66	0,216	0,05	40	40,42	0,99	17,9	0	5	71
R19	15	83,5	1,3	3,69	0,161	0	36,38	41,26	0,88	13,9	0,42	1	96
R20	15	83,5	1,1	3,67	0,167	0	37,75	38,93	0,97	17,9	1,08	0	85
R21	14,5	84	1	3,97	0,174	0,32	37,99	37,01	1,03	8,3	0,6	0	74
R22	17	82,5	1,5	3,81	0,268	0,1	38,72	35,81	1,08	10,9	9,57	1	89
R23	16,5	82,5	1,05	3,79	0,204	0,59	38,9	37,49	1,04	13,9	2,35	5	77
R24	17	81	1,05	3,65	0,199	0,1	39,01	39,58	0,99	8,3	0,91	1	84
R25	17,75	80,5	1,45	3,43	0,206					5	1,58	0	81
R26	17,75	80,5	1,4	3,47	0,192					5	1,02	1	79
R27	16,5	82									2,23	0	82
R28	16,25	82,25									4,27	0	85
R29	17,25	81									1,18	2	77
R30	16,25	82	1			0,25	40,57	37,12	1,09	8,3	1,25	3	79
R31	17,5	81				0,18	39,28	38,35	1,02	13,9	0,16	1	82
R32	16	82,5				0,16	40,31	37,45	1,08	13,9	2,82	3	80
R33			1,1			0,06	40,57	35,34	1,15	8,3	3,15	0	79
R34	16,5	82	1,25	3,59	0,148	0,46	33,09	41,08	0,86	10,9	0,05	0	96
R35	15,5	83	1	3,79	0,15	0,05	37,03	40,92	0,9	8,3	0,1	0	86
R36	16	82,5	1,2	3,9	0,172	0,93	33,59	33,4	1,01	8,3	1,13	0	65
R37	15,5	82,5	1,1	3,91	0,201	0,08	37,6	37,99	0,99	8,3	0,72	1	91
R38	17	81,5	1	3,76	0,175	1,38	38,21	41,3	0,93	8,3	0,63	0	87
R39	17,5	80,75	1,75	3,56	0,178	0,69	33,36	43,33	0,77	8,3	0,72	0	92
R40	16	82,5	1,45	3,64	0,176	0,09	35,39	42,47	0,83	6,5	0,83	0	93
R41	17	81,5	1,05	3,68	0,202	0,2	38,25	39,53	0,97	8,3	2,66	1	58
R42	16	82,2	1,05	3,72	0,194	0,32	41,64	38,36	1,09	8,3	7,61	1	92
R43											12,01	4	78
R44	15,5	83	1,3	3,86	0,214	1,35	36,66	35,9	1,02	10,9	4,1	0	77
Shapiro-Wilk-féle normalitásvizsg.	H0	H1	H1	H0	H0	H0	H0	H0	H0	H1	H1	H1	H0
H0	Feltételezhető, hogy az adatok normál eloszlásúak.												
H1	Feltételezhető, hogy az adatok nem normál eloszlásúak.												
Az átlagok, a szórások (St.dev) és a variációs együtthatók (CV) a kiugró értékek nélkül.													
	Víztartalom (%)	Brix (%)	Savfok	pH	Elektromos vezetőképesség (mS)	Szacharóz (%)	Fruktóz (%)	Glükóz (%)	Fruktóz/Glükóz arány	Diasztáz aktivitás	HMF	Akác pollen	Repcé pollen
n:	42	42	37	36	33	29	35	46	33	40	38	38	42
Átlag	16,065476	82,37381	1,1405405	3,7375	0,184909	0,1334483	38,680857	38,840526	1,0051515	10,695	1,5916579	0,4473684	81,904762
St.dev:	1,1140176			0,1286052	0,022937	0,0855769	1,5243173	2,1970003	0,0493154				7,6853028
CV (St.dev/átlag)	0,0693423			0,0344094	0,124042	0,6412736	0,0394075	0,0565646	0,0490626				0,0938322

21. melléklet folytatása

Mintaazonosító (Vegyes méz)	Víztartalom (%)	Brix (%)	Savfok	pH	Elektromos vezetőképesség (mS)	Szacharóz (%)	Fruktóz (%)	Glükóz (%)	Fruktóz/Glükóz arány	Diasztáz aktivitás	HMF	Akác pollen	Repece pollen
RA1	16,5	82	0,75	3,81	0,109	0,65	41,18	28,58	1,44	10,9	2,04	14	37,5
RA2	14,75	83,6	0,55	3,93	0,102	0,41	42,8	27,56	1,55	8,3	2,8	15	27
RA3	14,2	84,1	1,15	3,64	0,151	0,56	39,47	27,18	1,45	10,9	5,86	15	23
RA4	15,25	83	1,15	3,66	0,164	0,34	41,05	25,71	1,6	13,9	2,17	13	5
RA5	16,5	82	1,15	3,67	0,149	0,36	39,9	26,74	1,49	10,9	2,18	15	27
RA6	13,8	84,6	1,1	3,76	0,154	1,93	39,88	25,86	1,54	10,9	2,49	15	18
RA7	14,5	84	1,15	3,77	0,166	0,93	35,87	23,61	1,52	6,5	3,15	14,5	18
RA8	14,7	83,5	1,05	3,79	0,135	0,6	37,7	24,4	1,54	10,9	2,495	14	12
RA9	14,2	84,5	1,05	3,81	0,16	0,68	38,22	27,04	1,41	10,9	4,85	14	35
RA10	14	84,5	1,1	3,7	0,161	0,74	39,16	25,46	1,54	10,9	2,78	15	18
RA11	14,5	84	0,65	3,86	0,116	0,63	38,83	24,05	1,61	6,5	1,9	15	19
RA12	14	84,5	0,85	3,77	0,133	1,57	38,99	23,71	1,64	10,9	3,16	14	30
RA13	14	84,5	0,95	3,81	0,128	1,74	39,15	23,73	1,65	8,3	2,49	15	24
RA14						0,52	38,86	25,15	1,55			15	23
RA15						7,42	29,93	23,32	1,28			13	27
RA16						0,28	37,51	27,28	1,38			12	25
RA17						1,39	37,08	24,86	1,49			13	24
RA18						0,17	36,45	25,92	1,41			14	28
RA19						0,5	36,75	25,46	1,44			12	27
RA20						0,18	40,02	24,91	1,61			15	32
RA21	16,75	81,5										14	26
RA22												16	30
RA23	16,6											13	26
RA24												14	28
RA25						0,17	43,76	28,39	1,54			15	29
RA26			0,95	3,69	0,14	0,29	41,57	29,93	1,39	5	6,83	13	26
RA27			0,8	3,73	0,111	0,17	41,17	33,12	1,24	8,3	5,47	14	25
RA28	15,25	83	0,85	3,79	0,113	0,3	40,52	24,63	1,65	8,3	3,5	14	24
RA29	15,5	83	1,45	3,79	0,141	0,15	35,19	26,54	1,33	10,9	6	14,5	12
RA30	15,75	82,75	0,9	3,91	0,115	1,21	35,44	26,16	1,35	8,3	3,5	15	31
RA31	13,5	85	0,95	3,7	0,138	0,63	44,53	26,87	1,66	8,3	4,19	15	42
RA32	14	84	1	3,77	0,168	0,54	41,73	26,24	1,59	10,9	2,9	14	26
RA33	13,5	84,75	1,1	3,76	0,172	0,6	42,27	26,77	1,58	10,9	4,55	14	29
RA34												15	
RA35	13	85,5	1,25	3,66	0,172	2,3	38,15	27,93	1,37	13,9	2,22	15	26
RA36						0,18	44,77	26,56	1,69			14	27
RA37											3,97	14	25
Shapiro-Wilk-féle normalitásvizs: H0 H0 H0 H0 H0 H0 H0 H0 H0 H0 H1 H1 H1 H1													
H0	Feltételezhető, hogy az adatok normál eloszlásúak.												
H1	Feltételezhető, hogy az adatok nem normál eloszlásúak.												
Az átlagok, a szórások (St.dev) és a variációs együtthatók (CV) a kiugró értékek nélkül.													
	Víztartalom (%)	Brix (%)	Savfok	pH	Elektromos vezetőképesség (mS)	Szacharóz (%)	Fruktóz (%)	Glükóz (%)	Fruktóz/Glükóz arány	Diasztáz aktivitás	HMF	Akác pollen	Repece pollen
n:	22	21	22	22	22	24	30	30	31	22	23	35	30
Átlag	14,76136	83,72857	0,995455	3,762727	0,1408182	0,440833	39,599	26,01833	1,500968	9,795455	3,543261	14,34286	25,6
St.dev:	1,105821	1,069062	0,204654	0,077839	0,0225803	0,219939	2,568736	1,61986	0,118838				
CV (St.dev/átlag)	0,074913	0,012768	0,205588	0,020687	0,1603508		0,064869	0,062258	0,079174				

22. melléklet: A 4.3 fejezethez felhasznált akác, repce és vegyes mézminták elemtartalom vizsgálatának nyers adatai, a normalitás vizsgálat eredményei, a t-értékek, a korrelációanalízishez és a PCA analízishez felhasznált minták (világoskék színnel jelölve). A sárga háttérrel jelölt adatok kiugró értékek, a StatsKingdom Shapiro–Wilk tesztje alapján.

Mintaazonosító (Akácmezék)	Al	B	Ba	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe
A1	12,78	6,37	0,37	0,03	30	0,01	0,01	0,13	0,44	4,67
A2	7,59	4,17	0,52	0,01	7	0,01	0,01	0,18	0,47	7,01
A3	13,04	6,58	0,28	0,01	18	0,01	0,01	0,30	0,46	10,66
A4	18,42	8,11	0,27	0,01	66	0,01	0,01	0,01	1,82	16,62
A5	6,05	4,97	0,55	2,31	63	0,01	0,17	1,73	1,57	6,82
A6	3,11	4,65	0,39	0,01	13	0,01	0,01	0,09	0,12	6,50
A7	6,69	5,16	2,05	0,01	54	0,01	0,01	0,29	0,77	10,03
A8	2,83	5,25	0,33	0,01	41	0,01	0,01	0,38	1,07	7,06
A9	3,56	4,66	0,18	0,01	31	0,01	0,01	0,01	0,01	1,98
A10	4,85	4,80	0,17	0,11	8	0,01	0,01	0,17	0,12	3,78
A11	7,58	6,06	1,27	0,01	29	0,01	0,01	0,02	0,55	17,04
A12	4,10	7,53	0,18	0,01	178	0,01	0,01	0,05	0,01	9,44
A13	5,98	7,96	0,61	0,01	35	0,01	0,01	0,19	0,28	5,75
A14	2,26	5,32	0,74	0,01	34	0,01	0,01	0,04	0,44	8,37
A15	9,59	5,30	2,82	0,01	32	0,01	0,01	0,20	0,01	21,64
A16	6,09	6,64	0,42	0,01	36	0,01	0,01	0,06	0,54	5,01
A17	0,79	8,02	0,01	0,06	65	0,01	0,01	0,01	0,08	1,03
A18	0,01	3,91	0,01	0,46	16	0,01	0,01	0,01	0,07	0,01
A19	0,01	3,90	0,01	0,03	79	0,01	0,01	0,04	0,23	1,98
A20	0,01	4,43	0,01	0,01	9	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01
A21	8,64	2,32	0,15	0,05	13	0,01	0,01	0,01	0,05	4,53
A22	0,01	2,61	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1,39
A23	0,01	1,38	0,01	0,01	3	0,01	0,01	0,01	0,19	0,01
A24	1,50	1,70	0,01	0,11	15	0,01	0,01	0,09	0,52	2,68
A25	45,13	1,75	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	4,62	35,24
A26	37,30	2,66	0,00	0,01	28	0,01	0,01	0,01	5,36	30,71
A27	21,59	3,21	0,01	0,01	7	0,01	0,01	0,01	3,16	18,64
A28	0,01	3,29	0,01	0,03	3	0,01	0,01	0,12	4,68	2,58
A29	4,09	6,90	0,01	0,04	4	0,01	0,01	0,01	2,44	4,12
A30	4,26	5,38	0,01	0,04	20	0,01	0,01	0,06	3,51	5,30
A31	0,01	3,03	0,01	0,01	17	0,01	0,01	0,01	0,01	0,53
A32	0,01	3,57	0,49	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
A33	0,01	3,45	0,01	0,10	9	0,01	0,01	0,01	0,22	0,01
A34	0,01	4,03	0,01	0,01	13	0,01	0,01	0,12	0,01	0,27
A35	0,01	4,01	0,01	0,01	56	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
A36	0,14	2,48	0,01	0,01	9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
A37	2,80	7,32	0,52	0,01	0,01	0,25	0,38	0,72	0,01	3,34
A38	2,96	5,90	0,28	0,01	0,01	0,03	0,01	0,06	0,01	2,30
A39	11,19	5,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,20	0,23	9,71
A40	3,68	5,57	0,51	0,01	0,01	0,03	0,01	0,29	0,06	3,78
A41	1,86	6,72	0,19	0,01	0,01	0,03	0,14	0,01	0,23	0,52
A42	2,29	5,84	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,30	0,61	4,62
A43	2,18	5,03	0,43	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	23,53
A44	2,12	5,12	0,58	0,01	0,01	0,02	0,09	0,01	0,01	2,71
A45	0,28	3,88	0,28	0,01	0,01	0,02	0,06	0,02	0,01	2,62
A46	0,01	4,39	0,25	0,01	35,42	0,02	0,19	0,05	0,01	0,32
A47	0,01	6,23	0,01	0,01	0,01	0,03	0,34	0,01	0,11	0,07
A48	2,98	6,68	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,96
A49	1,51	4,61	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,04
A50	1,53	8,53	0,68	0,01	34,01	0,01	0,01	0,05	0,20	0,62
A51	0,01	5,16	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,46
A52	1,78	3,34	0,21	0,01	29,92	0,01	0,01	0,19	0,01	0,05
A53	2,75	3,49	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,21	0,01	1,45
A54	1,31	2,82	0,01	0,01	35,39	0,01	0,11	0,01	0,01	0,15
A55	0,82	4,13	0,01	0,01	71,32	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
A56	0,01	3,45	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07	0,01	0,01	0,01
A57	0,46	2,36	0,01	0,01	2,08	0,01	0,06	0,01	0,01	0,62
A58	0,54	2,58	0,01	0,01	45,90	0,01	0,09	0,01	0,01	0,01
A59	0,01	1,87	0,01	0,01	0,01	0,01	0,09	0,01	0,01	0,01
A60	0,01	5,42	0,01	0,01	8,08	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
A61	0,01	3,83	0,01	0,01	171,16	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
A62	0,01	3,74	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,04	0,10	0,01
A63	0,85	3,04	0,01	0,01	4,21	0,01	0,01	0,01	0,01	0,26
A64	6,65	2,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,30	5,08
A65	0,97	3,36	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,16	0,01
A66	0,70	5,69	0,01	0,01	6,54	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
A67	0,01	12,09	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
A68	0,84	0,01	0,01	0,01	3,89	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01
Shapiro–Wilk-féle normalitásvizsgálat	H1	H0	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1
H0	Feltételezhető, hogy az adatok normál eloszlásúak.									
H1	Feltételezhető, hogy az adatok nem normál eloszlásúak.									
Az átlagok, a szórások (St.dev.) és a variációs együtthatók (CV) a kiugró értékek nélkül.										
	Al	B	Ba	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe
n:	62	67	65	51	65	56	55	36	30	61
Átlag	2,31	4,59	0,15	0,01	16	0,01	0,01	0,01	0,01	2,48
St.dev:		1,818074								
CV (St.dev./átlag)		0,396382								

22. melléklet folytatása

Mintaazonosító (Akácmezék)	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Se	Sr	Zn
A1	239	12,28	0,20	0,01	42	0,09	0,12	0,01	0,16	0,72
A2	150	9,06	0,16	0,01	24	0,18	0,12	0,01	0,09	0,01
A3	259	11,25	0,43	0,01	78	0,37	4,44	0,32	0,11	3,69
A4	210	12,92	0,32	0,01	72	0,14	0,61	0,01	0,20	6,15
A5	200	6,66	0,23	0,01	42	0,70	0,85	1,62	0,17	2,73
A6	312	5,48	0,48	0,01	39	0,16	0,05	2,60	0,03	0,84
A7	211	14,63	0,36	0,01	71	0,20	0,06	0,11	0,29	2,18
A8	241	13,67	0,42	0,01	35	0,84	3,86	0,01	0,19	0,01
A9	195	5,50	0,19	0,01	42	0,11	0,01	0,01	0,10	0,01
A10	174	4,43	0,15	0,01	36	0,13	0,06	0,17	0,05	0,01
A11	207	3,23	0,27	0,01	41	0,16	2,03	0,36	0,02	0,98
A12	192	8,39	0,24	0,01	13	0,17	0,03	0,01	1,28	3,85
A13	201	13,62	0,27	0,01	63	0,19	0,05	0,42	0,15	0,17
A14	195	9,93	0,20	0,01	30	0,17	0,58	0,27	0,16	0,01
A15	229	5,22	0,35	0,01	91	0,13	0,31	0,01	0,17	0,01
A16	281	12,24	0,33	0,01	38	0,17	0,13	0,01	0,08	0,01
A17	360	22,83	0,23	0,01	43	0,32	1,93	0,01	0,18	0,65
A18	226	6,37	0,13	0,01	4	0,17	0,71	0,10	0,09	2,59
A19	215	7,65	0,35	0,01	4	0,10	0,16	0,12	0,41	1,97
A20	228	7,39	0,10	0,01	3	0,28	0,01	0,05	0,02	0,31
A21	143	6,74	0,26	0,01	27	0,15	0,08	0,01	0,12	0,28
A22	128	3,23	0,08	0,01	8	0,07	0,58	0,01	0,01	0,01
A23	155	4,65	0,08	0,01	12	0,46	0,17	0,02	0,03	1,55
A24	140	5,72	0,12	0,01	4	1,57	0,32	0,07	0,07	3,83
A25	161	10,18	1,12	0,01	4	0,47	0,01	0,03	0,05	1,33
A26	115	22,09	0,95	0,01	0,01	0,24	0,01	0,01	0,12	0,01
A27	136	8,95	0,66	0,01	0,01	0,08	0,01	0,01	0,09	0,01
A28	221	3,91	0,27	0,01	0,01	0,70	0,01	0,01	0,07	0,39
A29	219	5,83	0,21	0,01	2	0,06	0,01	0,01	0,03	0,01
A30	174	54,52	0,20	0,01	32	1,93	0,01	0,01	0,44	0,01
A31	212	8,14	0,10	0,01	12	0,16	0,42	0,01	0,10	1,51
A32	220	3,85	0,09	0,01	0,01	0,10	0,63	0,01	0,01	0,01
A33	230	7,26	0,10	0,01	16	0,09	0,68	0,09	0,03	0,12
A34	201	3,28	0,08	0,01	0,01	0,11	0,58	0,01	0,01	0,01
A35	209	0,63	0,13	0,01	3	0,01	1,04	0,01	0,25	1,21
A36	171	0,88	0,01	0,01	12	0,01	1,55	0,01	0,01	0,71
A37	182	10,02	0,62	0,61	17,60	0,42	0,01	0,07	0,26	0,01
A38	195	3,92	0,10	0,12	27,89	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
A39	214	4,75	0,24	0,06	29,54	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
A40	233	6,67	0,19	0,03	23,41	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01
A41	361	6,38	0,30	0,05	18,15	0,02	0,01	0,01	0,01	0,20
A42	254	18,27	0,26	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1,21
A43	229	10,98	0,26	0,04	1,34	0,01	0,01	0,01	0,01	2,30
A44	210	8,26	0,37	0,09	23,21	0,03	0,14	0,01	0,01	0,97
A45	210	7,42	0,11	0,05	3,89	0,01	0,03	0,03	0,01	2,44
A46	281	9,85	0,16	0,03	3,82	0,05	0,11	0,01	0,15	0,98
A47	273	5,66	0,26	0,05	2,71	0,52	0,01	0,03	0,01	0,01
A48	291	6,87	0,29	0,04	32,52	0,06	0,01	0,01	0,01	1,33
A49	355	10,11	0,12	0,08	34,16	0,12	0,01	0,01	0,01	0,53
A50	270	3,64	0,13	0,05	20,93	0,08	0,01	0,12	0,14	7,97
A51	236	5,83	0,14	0,03	40,87	0,05	0,01	0,01	0,01	0,56
A52	219	2,90	0,08	0,06	8,76	0,05	0,01	0,01	0,16	1,40
A53	254	6,84	0,15	0,69	44,42	0,05	0,10	0,01	0,01	0,01
A54	246	0,59	0,08	0,02	20,43	0,11	0,04	0,01	0,15	0,01
A55	260	7,09	0,13	0,01	25,35	0,13	0,24	0,01	0,34	1,16
A56	251	3,13	0,18	0,05	1,97	0,01	0,01	0,01	0,01	1,59
A57	253	3,24	0,17	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1,92
A58	310	19,18	0,21	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	0,11	2,18
A59	303	4,56	0,48	0,01	4,35	0,01	0,10	0,01	0,01	4,76
A60	354	10,17	0,18	0,04	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	4,41
A61	249	43,93	0,12	0,01	7,88	0,01	0,01	0,01	0,98	9,99
A62	225	3,61	0,18	0,02	3,16	0,01	0,29	0,01	0,01	3,29
A63	230	9,39	0,16	0,01	15,04	0,01	0,24	0,01	0,01	3,60
A64	212	1,31	0,10	0,01	0,0	0,01	0,01	0,02	0,01	0,08
A65	219	9,52	0,07	0,01	27,2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
A66	240	6,37	0,01	0,01	3,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
A67	203	3,41	0,01	0,01	8,6	0,34	0,01	0,01	0,01	0,61
A68	144	11,88	0,01	0,01	6,3	0,01	0,01	0,01	0,01	1,14
Shapiro-Wilk-féle normalitásvizsgálat	H0	H0	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1
H0	Feltételezhető, hogy az adatok normál eloszlásúak.									
H1	Feltételezhető, hogy az adatok nem normál eloszlásúak.									
Az átlagok, a szórások (St.dev) és a variációs együtthatók (CV) a kiugró értékek nélkül.										
	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Se	Sr	Zn
n:	62	62	64	48	66	59	29	48	62	58
Átlag	220	6,90	0,19	0,01	19	0,10	0,01	0,01	0,07	0,71
St.dev:	41,10221	3,431222								
CV (St.dev/átlag)	0,186683	0,497588								

22. melléklet folytatása:

Mintaazonosító (Repcemézek)	Al	B	Ba	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe
R1	0,30	6,89	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,18	0,01
R2	1,49	8,94	0,07		71,03	0,01	0,01	0,01	0,01	2,41
R3	2,75	14,02	0,01		77,92	0,01	0,01	0,01	0,24	2,06
R4	1,98	16,77	0,01		16,27	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R5	0,01	10,51	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R6	0,44	6,76	0,01		12,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R7	0,67	7,85	0,01		24,62	0,01	0,01	0,01	0,01	3,07
R8	0,01	8,38	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R9	0,01	5,17	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R10	0,01	9,55	0,01		18,64	0,01	0,01	0,01	0,01	14,04
R11	0,12	9,15	0,01		17,56	0,01	0,01	0,01	0,23	0,01
R12	0,01	9,25	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R13	0,01	6,69	0,01		29,08	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R14	4,73	5,71	0,01		56,81	0,01	0,01	0,01	0,40	2,05
R15	0,01	5,90	1,26		6,39	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R16	0,01	4,95	1,56		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R17	0,01	14,01	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R18	0,01	9,41	0,01		74,89	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R19	0,01	10,89	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,07	0,01
R20	0,01	17,79	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R21	0,49	12,64	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	0,01
R22	0,01	6,90	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R23	0,01	9,58	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R24	0,01	9,43	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R25	0,01	8,15	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,48	0,01
R26	0,01	5,00	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R27	0,01	4,59	7,14		0,01	0,01	0,01	0,01	0,14	0,01
R28	0,01	0,01	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R29	0,01	8,11	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R30	0,01	7,89	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	3,74
R31	0,01	10,03	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R32	0,01	6,33	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	2,41
R33	0,01	8,40	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R34	1,69	16,14	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R35	1,92	14,07	30,32		0,01	0,01	0,01	0,01	0,17	0,01
R36	0,01	6,49	0,12		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R37	0,01	7,97	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
R38	0,01	8,60	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	7,58
R39	26	15	0,13	0,01	43	0,01	0,01	0,06	0,01	15
R40	0,01	4,58	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R41	0,01	7,89	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
R42	0,01	6,39	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
R43	0,01	6,69	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,32	0,01
R44	0,01	5,85	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Shapiro–Wilk-féle normalitásvizsgálat	H1	H0	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1
H0	Feltételezhető, hogy az adatok normál eloszlásúak.									
H1	Feltételezhető, hogy az adatok nem normál eloszlásúak.									
Az átlagok, a szórások (St.dev) és a variációs együtthatók (CV) a kiugró értékek nélkül.										
	Al	B	Ba	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe
n:	32	36	37	7	37	44	44	43	33	35
Átlag	0,01	7,71	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
St.dev:		1,93								
CV (St.dev/átlag)		0,249811								

22. melléklet folytatása:

Mintaazonosító (Repemézék)	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Se	Sr	Zn
R1	221	14,51	0,08	0,01	0,01	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01
R2	425	22,83	0,26	0,01	8,5	0,05	0,01	0,01	0,03	4,65
R3	195	19,19	0,09	0,01	57,6	0,30	0,01	0,01	0,18	2,31
R4	259	23,16	0,24	0,01	25,5	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01
R5	274	22,58	0,01	0,01	14,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R6	307	31,27	0,30	0,01	24,6	0,02	0,01	0,01	0,07	0,01
R7	179	22,44	0,04	0,01	43,7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,37
R8	321	29,46	0,01	0,01	57,4	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
R9	190	14,86	0,01	0,01	34,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R10	285	19,78	0,12	0,01	4,0	0,01	0,01	0,01	0,07	0,01
R11	236	17,14	0,01	0,01	16,4	0,01	0,01	0,01	0,16	0,01
R12	205	17,97	0,01	0,01	28,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R13	237	22,40	0,01	0,01	76,8	0,01	0,01	0,01	0,16	0,18
R14	286	30,79	0,08	0,01	47,6	0,01	12,21	0,01	0,43	1,48
R15	198	20,89	0,01	0,01	153,7	0,01	0,01	0,01	0,14	1,69
R16	291	24,94	0,04	0,01	96,6	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01
R17	264	19,24	0,05	0,01	40,1	0,06	0,01	0,01	0,01	0,18
R18	285	23,58	0,05	0,01	13,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,57
R19	188	17,88	0,06	0,01	0,1	0,05	0,01	0,01	0,01	1,66
R20	203	19,13	0,01	0,01	22,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,87
R21	242	13,77	0,01	0,01	18,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R22	436	16,37	0,14	0,01	9,2	0,01	0,01	0,01	0,01	1,88
R23	248	15,97	0,01	0,01	0,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R24	239	18,58	0,02	0,01	6,9	0,05	0,01	0,01	0,01	0,96
R25	209	12,73	0,03	0,01	0,0	0,54	0,01	0,01	0,01	0,90
R26	187	9,51	0,00	0,01	0,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R27	185	13,57	0,01	0,01	0,0	0,03	0,01	0,01	0,01	0,83
R28	282	14,87	0,01	0,01	1,8	0,30	0,01	0,08	0,01	0,53
R29	103	6,11	0,01	0,01	0,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
R30	223	21,76	0,05	0,01	1,2	0,05	0,01	0,01	0,01	0,22
R31	218	13,08	0,01	0,01	11,6	0,01	0,01	0,01	0,01	0,19
R32	215	16,65	0,02	0,01	0,0	0,01	0,01	0,05	0,01	2,01
R33	264	17,24	0,11	0,01	2,5	0,01	3,21	0,01	0,01	0,17
R34	142	10,69	0,01	0,01	44,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,18
R35	137	14,28	0,01	0,01	14,4	0,45	0,01	0,01	0,01	0,01
R36	202	10,94	0,01	0,01	56,5	0,01	0,01	0,01	0,01	2,28
R37	266	12,39	0,10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,85
R38	191	11,88	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,14
R39	124	20	0,70	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07	0,01
R40	163	11,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,67
R41	256	14,56	0,01	0,01	11,90	0,01	0,01	0,01	0,01	1,18
R42	230	12,97	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,63
R43	225	8,69	0,03	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	1,40
R44	331	17,07	0,05	0,01	0,01	0,15	0,01	0,01	0,07	1,39
Shapiro–Wilk-féle normalitásvizs	H0	H0	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1
H0	Feltételezhető, hogy az adatok normál eloszlásúak.									
H1	Feltételezhető, hogy az adatok nem normál eloszlásúak.									
Az átlagok, a szórások (St.dev) és a variációs együtthatók (CV) a kiugró értékek nélkül.										
	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Se	Sr	Zn
n:	42	44	38	44	41	29	43	43	30	41
Átlag	226	17,48	0,03	0,01	15,09	0,01	0,01	0,01	0,01	0,52
St.dev:	52,255433	5,683543								
CV (St.dev/átlag)	0,2309422	0,32511								

22. melléklet folytatása:

Mintaazonosító (Vegyes méz)	Al	B	Ba	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe
RA1	1,80	4,61	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,12	0,01	1,33
RA2	0,44	8,97	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1,54
RA3	0,43	5,92	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,10	0,01	1,31
RA4	1,64	11,03	0,14	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,10	1,94
RA5	1,88	4,86	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,31	0,01	0,67
RA6	3,23	4,88	0,01	0,01	5,91	0,01	0,01	0,19	0,22	4,14
RA7	0,84	4,48	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,19	0,09	1,88
RA8	1,80	4,70	0,01	0,01	6,78	0,01	0,01	0,01	0,17	2,96
RA9	3,43	8,22	0,12	0,01	32,81	0,01	0,01	0,34	1,22	4,80
RA10	0,28	3,25	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,12	0,29	1,59
RA11	1,38	2,26	0,09	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,57	4,61
RA12	0,74	3,44	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,14	0,23	1,21
RA13	16,22	2,97	0,08	0,01	0,84	0,01	0,01	0,16	0,27	21,26
RA14	3,93	1,96	0,10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,35	8,87
RA15	2,45	4,08	0,06	0,01	13,83	0,01	0,01	0,01	0,23	2,81
RA16	1,69	7,75	0,21	0,01	67,90	0,01	0,01	0,24	0,25	3,11
RA17	0,65	6,17	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,23	0,01	1,38
RA18	1,77	5,72	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,22	1,17
RA19	2,40	3,60	0,09	0,01	26,75	0,01	0,01	0,01	0,26	3,38
RA20	1,26	5,78	2,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,19	2,17
RA21	0,89	6,35	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,21	0,93
RA22	0,96	3,61	0,92	0,01	18,32	0,01	0,01	0,01	0,21	1,53
RA23	2,65	7,74	0,08	0,01	8,96	0,01	0,01	0,01	0,18	4,10
RA24	0,41	4,17	0,01	0,01	30,44	0,01	0,01	0,01	0,01	2,48
RA25	0,08	4,26	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
RA26	0,94	2,16	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,78
RA27	0,64	3,06	3,14	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,61
RA28	0,66	2,92	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,17
RA29	1,95	4,08	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,19	1,15
RA30	0,54	3,08	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,10	2,70
RA31	1,48	4,42	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,19
RA32	2,09	5,70	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	5,15
RA33	2,64	3,56	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1,59
RA34	0,64	3,43	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,72
RA35	2,30	2,74	0,01	0,01	18,10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,70
RA36	0,01	5,20	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,14	0,23
RA37	0,49	3,49	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Shapiro–Wilk-féle normalitásvizsg	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1
H0	Feltételezhető, hogy az adatok normál eloszlásúak.									
H1	Feltételezhető, hogy az adatok nem normál eloszlásúak.									
Az átlagok, a szórások (St.dev) és a variációs együtthatók (CV) a kiugró értékek nélkül.										
	Al	B	Ba	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe
n:	36	36	23	37	26	36	36	22	35	35
Átlag	1,43	4,54	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,12	1,86
St.dev:										
CV (St.dev/átlag)										


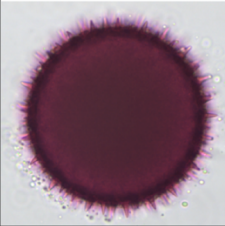
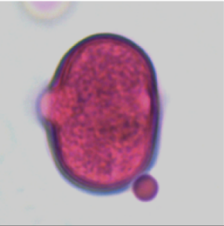

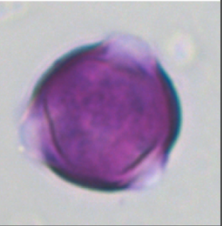
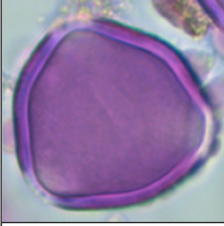
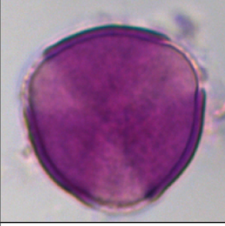
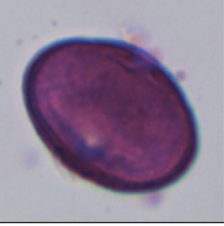
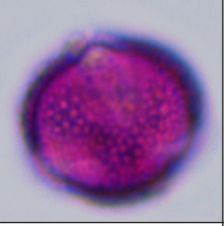
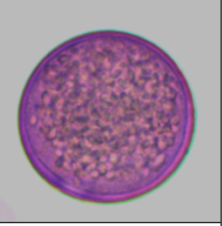
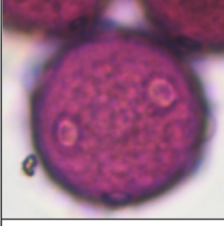
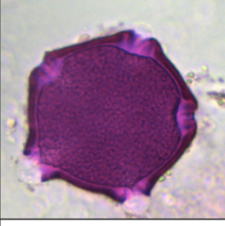
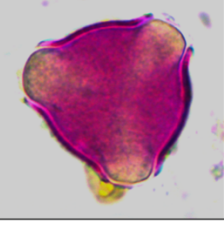
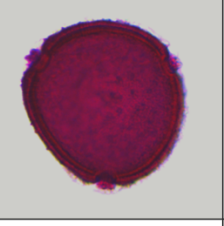
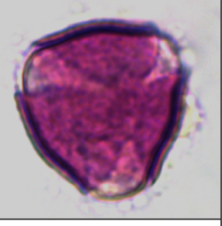

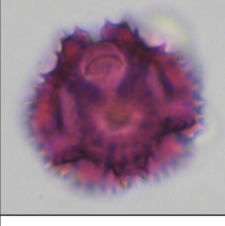

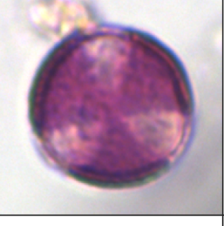
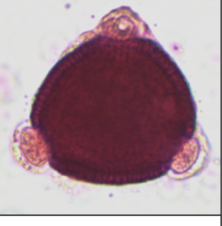

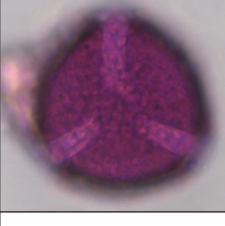


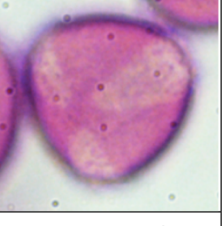
22. melléklet folytatása:

Mintaazonosító (Vegyes méz)	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Se	Sr	Zn
RA1	177	7,81	0,05	0,01	7,72	0,02	0,08	0,01	0,05	2,54
RA2	191	2,50	0,05	0,01	8,73	0,01	0,02	0,10	0,01	0,01
RA3	238	5,53	0,16	0,01	5,72	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01
RA4	311	3,87	0,41	0,01	13,33	0,01	0,29	0,02	0,01	2,47
RA5	272	2,62	0,09	0,01	24,79	0,01	0,01	0,01	0,01	1,75
RA6	315	3,11	0,28	0,01	24,60	0,03	0,05	0,01	0,01	0,01
RA7	307	4,51	0,57	0,01	2,92	0,02	0,05	0,01	0,01	0,15
RA8	275	6,52	0,35	0,01	4,90	0,06	0,27	0,01	0,01	3,99
RA9	291	5,88	0,38	0,01	2,80	0,01	0,14	0,01	0,09	0,01
RA10	308	4,01	0,41	0,01	2,84	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
RA11	212	2,39	0,19	0,01	11,97	0,01	0,36	0,01	0,01	0,02
RA12	224	1,63	0,09	0,01	4,87	0,01	0,01	0,01	0,01	0,69
RA13	227	7,62	0,30	0,01	14,99	0,01	0,03	0,01	0,01	1,05
RA14	415	7,72	0,14	0,01	1,46	0,01	0,01	0,04	0,01	0,29
RA15	99	10,79	0,02	0,01	19,85	0,15	0,54	0,05	0,03	3,02
RA16	423	48,02	0,17	0,01	25,43	0,12	1,97	0,01	0,08	2,85
RA17	196	4,98	0,01	0,01	12,31	0,19	0,09	0,01	0,01	0,38
RA18	264	6,12	0,06	0,01	50,64	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
RA19	215	13,52	0,23	0,01	21,05	0,01	0,06	0,01	0,04	0,21
RA20	277	7,95	0,07	0,01	18,47	0,01	0,45	0,16	0,01	0,01
RA21	184	4,01	0,18	0,31	9,78	0,01	0,03	0,01	0,07	0,01
RA22	307	8,67	0,41	0,01	3,45	0,01	0,16	0,05	0,07	2,61
RA23	276	6,83	0,22	0,01	12,41	0,01	0,08	0,01	0,05	3,34
RA24	247	8,25	0,17	0,01	6,82	0,01	0,01	0,01	0,05	4,36
RA25	271	1,94	0,23	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01
RA26	183	6,71	0,04	0,01	0,92	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
RA27	158	4,57	0,05	0,01	2,48	0,01	2,99	0,05	0,01	0,14
RA28	215	0,62	0,12	0,01	0,01	0,01	0,01	0,09	0,01	0,30
RA29	283	8,17	0,45	0,01	21,92	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01
RA30	155	3,46	0,04	0,01	21,49	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
RA31	238	0,84	0,15	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
RA32	293	5,83	0,13	0,01	2,29	0,01	0,09	0,01	0,01	1,74
RA33	286	0,84	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,39
RA34	262	2,18	0,08	0,01	0,71	0,01	0,01	0,01	0,01	0,40
RA35	231	13,95	0,02	0,01	16,21	0,01	0,01	0,01	0,05	0,46
RA36	288	4,27	0,05	0,01	5,14	0,01	12,40	0,01	0,01	0,01
RA37	269	0,01	0,08	0,01	1,64	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Shapiro-Wilk-féle normalitásvizsgálat	H1	H0	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1	H1
H0	Feltételezhető, hogy az adatok normál eloszlásúak.									
H1	Feltételezhető, hogy az adatok nem normál eloszlásúak.									
Az átlagok, a szórások (St.dev) és a variációs együtthatók (CV) a kiugró értékek nélkül.										
	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Se	Sr	Zn
n:	34	36	36	36	36	30	23	28	26	26
Átlag	248,496	5,284119	0,164446	0,01	9,278967	0,01	0,020952	0,009868	0,01	0,137747
St.dev:		3,364545								
CV (St.dev/átlag)		0,636728								

23. melléklet: A páros t-próba eredményeinek összehasonlítása méztypusonként (akác-repce; akác-vegyes; repce-vegyes), amely megmutatja a legjelentősebb eltéréseket a mézfajták között

Akác-Repce t-próba															
alfa =	0,05														
Súlyozott szórások	1,8561	46,8702	4,5013	18,3879	1,0336	1,1029	0,1254	0,1152	0,0209	0,5587	2,2604	2,4799	0,0845	2,8556	1,8455
t-próba valószínűségi változója	B	K	Mg	Na	víz	SZA	Sav	pH	Vezkép	szac	frukt	glük	F/G	diasztáz	HMF
t _{AB} =	8,319	0,830	11,931	0,970	5,110	4,743	9,084	1,702	9,764	3,467	5,178	24,115	29,793	4,018	3,070
t _{krit} (AB) =	1,984	1,983	1,983	1,983	1,989	1,988	1,993	1,990	1,992	1,990	1,986	1,985	1,987	1,989	1,990
Akác-Keverék t-próba															
alfa =	0,05														
Súlyozott szórások	1,7893	44,3428	3,4071	15,5535	1,0033	1,0513	0,1391	0,0958	0,0204	0,5716	2,5874	2,3560	0,1050	1,7614	1,9737
t-próba valószínűségi változója	B	K	Mg	Na	víz	SZA	Sav	pH	Vezkép	szac	frukt	glük	F/G	diasztáz	HMF
t _{AB} =	0,071	3,170	2,257	2,903	0,574	0,833	3,199	0,747	0,542	1,068	2,722	0,705	2,020	3,494	1,372
t _{krit} (AB) =	1,984	1,986	1,985	1,984	1,999	1,999	2,002	1,997	1,998	1,990	1,988	1,987	1,987	1,998	1,997
Repce-Keverék t-próba															
alfa =	0,05														
Súlyozott szórások	1,8323	49,9550	4,7841	14,6927	1,1112	1,1310	0,1771	0,1123	0,0228	0,1669	2,0716	1,9644	0,0915	3,3680	1,3593
t-próba valószínűségi változója	B	K	Mg	Na	víz	SZA	Sav	pH	Vezkép	szac	frukt	glük	F/G	diasztáz	HMF
t _{AB} =	7,327	1,929	11,345	1,731	4,459	4,516	3,042	0,830	7,027	7,014	1,781	26,532	21,853	1,006	5,435
t _{krit} (AB) =	1,994	1,993	1,991	1,992	1,999	1,998	2,002	2,003	2,006	2,003	1,998	1,997	1,999	2,000	2,001
Szignifikancia (A-B):															
Ha $t_{AB} > t_{krit}$ akkor m_A és m_B átlagértékek szignifikánsan eltérőek.															
Ha $t_{AB} < t_{krit}$ akkor m_A és m_B átlagértékek szignifikáns eltérése nem valószínűsíthető.															

24. melléklet: A 4.4 alfejezetben bemutatott 2000-2022 között pergetett 19 különböző évből származó akácméz mintákban előforduló pollenek mikroszkópos képe

				
<i>Tilia platyphyllos</i> nagylevelű hárs 31-35 µm	<i>Malva sylvestris</i> erdei mályva 84-123 µm	<i>Melilotus officinalis</i> orvosi somkóró 22-28 µm	<i>Pisum sativum</i> takarmányborsó 32-48 µm	<i>Sambucus nigra</i> fekete bodza 17-20 µm
				
<i>Wisteria sinensis</i> lilaakác 30 µm	<i>Lamium purpureum</i> piros árvacsalán 26-34 µm	<i>Anthriscus cerefolium</i> zamatós turbolya 21-25 µm	<i>Salix</i> spp. fűz fajok 17-23 µm	<i>Alopecurus pratensis</i> réti ecsetpázsit 26-31 µm
				
<i>Plantago lanceolata</i> lándzsás útifű 21-28 µm	<i>Viola arvensis</i> mezei árvácska 51-100 µm	<i>Prunus cerasus</i> var. meggy 36-40 µm	<i>Knautia arvensis</i> mezei varfű 95-110 µm	<i>Rubus</i> spp. szeder fajok 28-37 µm
				
<i>Trifolium incarnatum</i> bíborhere 30-40 µm	<i>Taraxacum officinale</i> pongyola pitypang 28 µm	<i>Campanula</i> spp. harangvirág fajok 29-36 µm	<i>Capsella bursa-</i> <i>pastoris</i> pásztortáska – 19 µm	<i>Geranium</i> spp. gólyaorr fajok 67-87 µm
				
<i>Trifolium pratense</i> réti here 35-42 µm	<i>Cornus sanguinea</i> veresgyűrű som 58 µm	<i>Pinus nigra</i> fekete fenyő 55-77 µm	<i>Picea abies</i> lucfenyő >100 µm	<i>Papaver somniferum</i> kerti mák 28-32 µm

25. melléklet: A 4.4 alfejezetben bemutatott 2000-2022 között pergetett 19 különböző évből származó akácméz minta (saját kép)

