



MAGYAR AGRÁR-ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM
KERTÉSZETTUDOMÁNYI INTÉZET
GYÓGY-ÉS AROMANÖVÉNYEK TANSZÉK

**Észak-magyarországi lómenta (*Mentha longifolia* (L.) L.) populációk
fitokémiai értékelése**

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

PATONAY KATALIN

DOI: 10.54598/002350

TÉMAVEZETŐ:

ZÁMBORINÉ DR. NÉMETH ÉVA

A MEZŐGAZDASÁGI TUDOMÁNYOK DOKTORA

DR. SZALONTAI HELGA

AZ ÉLELMISZERTUDOMÁNYOK DOKTORA

BUDAPEST

2022

A doktori iskola

megnevezése: Kertészettudományi

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Zámboriné Dr. Németh Éva
tszv. egyetemi tanár, DSc
MATE Gyógy-és Aromanövények Tanszék

Témavezetők : Zámboriné Dr. Németh Éva
tszv. egyetemi tanár, DSc
MATE Gyógy-és Aromanövények Tanszék

Dr. Szalontai Helga
tudományos munkatárs, PhD
EKKE Élelmiszertudományi és Borászati Tudásközpont

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető(k) jóváhagyása

Tartalom

A dolgozatban használatos rövidítések	7
1. BEVEZETÉS	8
2. CÉLKITŰZÉSEK	10
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	11
3.1. A NÖVÉNY BOTANIKAI BESOROLÁSA, ELTERJEDÉSE, ÉLŐHELYEI	11
3.2. A LÓMENTA HATÓANYAGAI	14
3.3. A LÓMENTA FENOLOID HATÓANYAGAI	15
3.3.1. FENOLSAVAK ÉS ÉSZTEREIK	15
3.3.1.1 Rozmaringsav (RA)	15
3.3.1.2 További hidroxifahéjsav-, hidroxibenzoészav-származékok.....	15
3.3.2. FLAVONOIDOK	17
3.3.2.1. Flavanonok jelenléte a lómentában.....	18
3.3.2.2. Flavonok jelenléte a lómentában.....	18
3.3.2.3 Flavonolok jelenléte a lómentában	22
3.3.3. OXIDATÍV FOLYAMATOK ÉLELMISZEREINKBEN, GÁTLÁSUK LEHETŐSÉGEI EGYES NÖVÉNYI ANYAGOKKAL ÉS EZEK VIZSGÁLATA	23
3.3.4. ROZMARINGSAV ÉS ROKON VEGYÜLETEINEK SZEREPE A LÓMENTA ANTIOXIDÁNS AKTIVITÁSÁBAN	26
3.3.5. EGYES FLAVONOIDOK POTENCIÁLIS TARTÓSÍTÓ (GYÖKBEFOGÓ ÉS ANTIMIKROBIÁLIS) HATÁSA	27
3.4. A LÓMENTA ILLÓOLAJ-ÖSSZETEVŐI	28
3.4.1. A NÖVÉNY ILLÓ VEGYÜLETEINEK CSOPORTOSÍTÁSA.....	28
3.4.2. NYÍLTLÁNCÚ MONOTERPÉNEK	28
3.4.3. LIMONÉN ÉS 2-OXO-SZÁRMAZÉKAI	29
3.4.4. LIMONÉN-3-OXO-SZÁRMAZÉKOK	29
3.4.5. AZ α -TERPINIL-KATION MÁS ANYAGCSERETERMÉKEI.....	29
3.4.6. EGYÉB CIKLIKUS MONOTERPÉNEK	29
3.4.7. SZESZKVITERPÉNEK	29
3.4.8. EGYÉB ÖSSZETEVŐK	30
3.4.9. ANTIMIKROBÁS HATÁS.....	30
3.4.10. A FAJ ILLÓOLAJ-ALAPÚ KEMOTAXONOMIÁJÁNAK KÉRDÉSEI AZ IRODALOMBAN.....	31
3.5. TRITERPENOIDOK A LÓMENTÁBAN.....	32
3.6. EGYÉB HATÓANYAGOK (SZFINGOLIPIDEK)	33
3.7. A LÓMENTA FELHASZNÁLÁSA, ALKALMAZÁSAI	33

3.8. A FAJ TERMESZTÉSBE VONÁSÁRA VONATKOZÓ SZAKIRODALMI ADATOK ELEMZÉSE.....	35
3.8.1. HÁZTÁJI, KISEBB VAGY ISMERETLEN LÉPTÉKŰ MŰVELÉS	35
3.8.2. TERMESZTÉSI KÍSÉRLETEK	35
4. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	37
4.1. MINTAVÉTEL VADONTERMŐ LÓMENTA POPULÁCIÓKBÓL (2016-2017) ...	37
4.2. A NÖVÉNYSZÁMOK AZONOSÍTÁSA	38
4.3. KÍSÉRLETI ÜLTETVÉNYEK LÉTESÍTÉSE, GONDOZÁSA	39
4.3.1. KÍSÉRLETI ÜLTETVÉNY EGERBEN (EGR termőhely)	39
4.3.2. KÍSÉRLETI ÜLTETVÉNY BUDAPESTEN (SOROKSÁR – SOR termőhely)...	40
4.3.3. KÍSÉRLETI TERMESZTÉSBE LÉVŐ LÓMENTA MINTÁZÁSA (2018-20)	41
4.4. A MINTÁK ELŐKÉSZÍTÉSE KIVONATOLÁSRA, ILLÓOLAJ-KINYERÉSRE ...	42
4.5. OLDÓSZERES EXTRAKCIÓ.....	42
4.5.1. AZ OLDÓSZER MEGVÁLASZTÁSA	42
4.5.2. EXTRAKCIÓ	43
4.6. ILLÓOLAJ-ELŐÁLLÍTÁS (HIDRODESZTILLÁLÁS).....	43
4.7. AZ ÖSSZPOLIFENOL-TARTALOM ÉS ANTIOXIDÁNS AKTIVITÁS MÉRÉSEI	43
4.7.1. ÖSSZPOLIFENOL-TARTALOM (TPC)	43
4.7.2. GYÖKBEFOGÓKÉPESSÉG MÉRÉSE DIFENIL-PIKRILHIDRAZIL (DPPH) GYÖKKEL	43
4.7.3. ANTIOXIDÁNS KAPACITÁS MEGHATÁROZÁSA FRAP MÓDSZERREL ..	44
4.8. A KIVONATOK POLIFENOL-ÖSSZTÉTELÉNEK VIZSGÁLATA FOLYADÉKKROMATOGRÁFIÁS (HPLC) MÓDSZEREKKEL	44
4.8.1. A VADON TERMŐ MINTÁK ANALÍZISE	44
4.8.2. ISMERETLEN „A” és „B” TÖMEG ÉS - UV-SPEKTRUMÁNAK MEGHATÁROZÁSA.....	45
4.8.3. A KÍSÉRLETI TERMESZTÉS MINTÁINAK ANALÍZISE	45
4.9. AZ ILLÓOLAJ-ÖSSZTÉTEL MEGHATÁROZÁSA	46
4.10. A MÉRÉSEREDMÉNYEK STATISZTIKAI VIZSGÁLATAI	47
4.10.1. STATISZTIKAI VIZSGÁLATOK A VADONTERMŐ MINTÁK EREDMÉNYEIN.....	47
4.10.2. STATISZTIKAI VIZSGÁLATOK A TELEPÍTETT ÁLLOMÁNYOK ANTIOXIDÁNS TULAJDONSÁGAIHOZ, POLIFENOL-ÖSSZTÉTELÉHEZ KAPCSOLÓDÓAN.....	47
4.10.3. STATISZTIKAI VIZSGÁLATOK AZ ILLÓOLAJTARTALOMMAL, - ÖSSZTÉTELLEL KAPCSOLATOSAN	47
5. EREDMÉNYEK ÉS MEGBESZÉLÉSÜK.....	49

5.1. ÖSSZPOLIFENOL-TARTALOM ÉS ANTIOXIDÁNS TULAJDONSÁGOK A VIZSGÁLT TERMÉSZETES POPULÁCIÓKBAN	49
5.1.1. ÖSSZPOLIFENOL-TARTALOM ÉS ANTIOXIDÁNS AKTIVITÁS	49
5.1.1.1. Az összpolfenol-tartalom és az antioxidáns aktivitás a vizsgált mintákban	49
5.1.1.2. Az összpolfenol-tartalom és az antioxidáns mutatók kapcsolata az extrakciós módszerrel	52
5.1.1.3. A populációk összpolfenol-és és AO mutatóinak összehasonlítása	53
5.1.2. A VIZSGÁLT TERMÉSZETES POPULÁCIÓK FŐ FENOLOID ÖSSZETEVŐI	54
5.1.2.1. A kivonatok közös összetevői	54
5.1.2.2. A megfigyelt polifenolprofil összevetése az irodalommal. Az egyes vegyületek dúsulása a különböző kivonatokban	54
5.1.2.3. A populációk összehasonlítása polifenol-összetételük szerint	59
5.1.2.4. Ismeretlen „A” és Ismeretlen „B” vizsgálatának eredményei	60
5.2. A LÓMENTA KÉMIAI VARIABILITÁSA A TELEPÍTETT ÁLLOMÁNYOKBAN	62
5.2.1. A FENOLOIDOK VARIABILITÁSA	62
5.2.1.1. Az összpolfenol-tartalom és az antioxidáns tulajdonságok variabilitása	62
5.2.1.2. A kísérleti növények polifenol összetevői	68
5.2.1.3. A klónok polifenol-összetétele a két termőhelyen az egyes évjáratokban	69
5.2.1.4. A klónok fenoloid összetételét befolyásoló környezeti tényezők	83
5.2.1.5. Az egyedfejlődés és a klónok fenoloid-összetétele – 1. A fenofázisok hatása	85
5.2.1.6. Az egyedfejlődés és a klónok fenoloid-összetétele – 2. Az életkor hatása	86
5.2.1.7. Kemotaxonok megkülönböztetése a fajban polifenol-összetétel alapján	86
5.2.1.8. A klónok egyes fenoloidjai koncentrációjának korrelációi egymással és az AO tulajdonságokkal	89
5.2.1.9. A növény, mint fenoloidalapú termés betakarításának optimuma	91
5.2.2. AZ ILLÓ KOMPONENSEK VARIABILITÁSA TELEPÍTETT ÁLLOMÁNYOKBAN	95
5.2.2.1. A kísérleti klónok illóolajtartalma és az azt befolyásoló tényezők	95
5.2.2.2. A kísérleti klónok illóolaj-összetétele	96
5.2.2.3. A vizsgált klónok kemotaxonómiai értékelése	99
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	102
6.1 A VADONTERMŐ LÓMENTA-POPULÁCIÓK ÖSSZETÉTELE	102
6.2 TELEPÍTETT LÓMENTA ÁLLOMÁNYOK ANTIOXIDÁNS MUTATÓI ÉS FENOLOIDJAI	103

6.3. A NÖVÉNY, MINT FENOLOIDGAZDAG TERMÉNY BETAKARÍTÁSÁNAK OPTIMUMA	104
6.4 A TELEPÍTETT LÓMENTA ÁLLOMÁNYOK ILLÓOLAJ-ÖSSZETÉTELE	104
6.5. JAVASLATOK EGYES KLÓNOK TOVÁBBI TANULMÁNYOZÁSÁRA	105
7. ÚJ TUDOMÁNYOS ÉS GYAKORLATI EREDMÉNYEK	107
8. ÖSSZEFOGLALÓ	108
9. SUMMARY	112
M1 MELLÉKLET Irodalomjegyzék.....	116
M1.1. A dolgozat készítéséhez felhasznált folyóiratcikkek, könyvek, könyvrészek és spektrumkönyvtárak	116
M1.2. A dolgozatban felhasznált internetes hivatkozások	132
M2 MELLÉKLET A lómenta illóolajának fő összetevői	134
M3 MELLÉKLET A lómenta triterpenoid és egyéb összetevői.....	137
M3.1 A lómentából kimutatott triterpenoidok.....	137
M3.2 A lómentából kimutatott egyéb összetevők (egyes lipidek)	138
M4 MELLÉKLET Egyes vadontermő lómenta populációk élőhelye.....	140
M5 MELLÉKLET Az oldószeres extrakció eszközei, elrendezése	147
M6 MELLÉKLET A menta klónok AO aktivitása, fenolidösszetétele közti különbségek vizsgálatához végzett Kruskal-Wallis-teszt részletes eredményei az egri termőhelyen	148
M7 MELLÉKLET A menta klónok AO aktivitása, fenolidösszetétele közti különbségek vizsgálatához végzett Kruskal-Wallis-teszt részletes eredményei a soroksári termőhelyen..	157
M8 MELLÉKLET A klónok flavonoidjai koncentrációjának korrelációi alapján vázolható anyagcsereutak sémái.....	163
M9 MELLÉKLET A klónok pontszámái a betakarításra optimális fenofázis vizsgálatában	165
M10 MELLÉKLET Az illóolajok GC-MS vizsgálatának eredményei.....	168
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	172

A dolgozatban használatos rövidítések

AAE aszkorbinsav-egyenérték

AO antioxidáns

AOA antioxidáns aktivitás

BHT 2,6-di-terc-butil-hidroxitoluol

CV, % variációs együttható

D diozmin koncentrációja

DAD diódasoros detektor

DPPH difenil-pikrilhidrazil

E eriocitrin koncentrációja

EGR egri termőhely

FRAP ferrous reducing ability of plasma (vasion-redukáló képesség)

GAE galluszsav-egyenérték

GPP geranil-pirofoszfát

H heszperidin koncentrációja

L luteolin-7-O-rutinozid (lonicerin) koncentrációja

LG luteolin-7-O-glükózid (cinarozid) koncentrációja

L1 tavaszi vegetatív hajtás

L2 újrasarjadzáskor képződött vegetatív hajtás

MeOH metanol

MIC minimal inhibitory concentration

NA nincs adat, **NS** nem szignifikáns

T termésérlelő hajtás

TPC összespolifenol-tartalom

RA rozmaringsav

SOR budapesti (soroksári) termőhely

VK zöldbimbós hajtás

V virágzó hajtás

WA víz: etanol 3:7 arányú elegy

1. BEVEZETÉS

Az élelmiszeriparban az oxidatív romlás késleltetésére adalékanyagként tartósítószereket, antioxidánsokat alkalmaznak. Antioxidáns (AO) általában minden olyan ágens, ami az adott rendszerben az oxidációra érzékeny szubsztrátum elreagálását gátolja vagy késlelteti, de hozzá képest kis koncentrációban van jelen. Ezek segítségével az élelmiszerek eltarthatósága nő, beltartalmi értékeik hosszabb ideig megőrizhetők. A növényi antioxidánsok iránt az 1990-es évek elejétől erős az érdeklődés (Madsen és Bertelsen, 1995). Ezt az igényt egyfelől a szintetikus vagy félszintetikus fenolos antioxidánsok – tercbutil-hidrokinon, TBHQ, E319; butil-hidroxi-anizol, BHA, E320; 2,6-di-*terc*-butil-hidroxitoluol, BHT, E321; propil-gallát, E310 – potenciálisan rákkeltő, esetleg toxikus hatásáról, állatkísérletes adatok alapozták meg (Madsen és Bertelsen, 1995). A másik oldalon a vásárlóközönség elvárásai is változtak, megjelent a „természetes” élelmiszerek iránti kereslet. Igaz, hogy szintetikus antioxidánsok emberi szervezetre kifejtett hatásával kapcsolatban egy, a témát áttekintő review szerint (Shahidi és Ambigaipalan, 2015) az újabb adatok arra mutatnak, hogy az élelmiszerekben jelenleg alkalmazott mennyiségük nem ártalmas az egészségre – azonban a megváltozott fogyasztói igényekkel, szokásokkal, a „szintetikus” adalékanyagoktól való idegenkedéssel számolni kell. Ez a tendencia lökést adott a növényi antioxidánsok kutatásának. Egy gvajakonsav-izomereken alapuló növényi készítmény, az E314 és E214 számmal antioxidánsként és tartósítóként egyaránt regisztrált gvajakgyanta már régebben is használatban volt. Shahidi és Ambigaipalan (2015) szerint alkalmazása az első történelmi példa volt polifenolok mint antioxidánsok alkalmazására élelmiszerben: kiolvasztott sertézsírhoz adva, annak avasodását késleltetni tudták vele. Az újabb kutatások pedig ezen kívül további növényi hatóanyagokat és növényi nyersanyagokat hoztak előtérbe. Tisztázódott a rozmaring lipidperoxidáció-gátló hatásának hátterére: ezt egyes diterpének, illetve a rozmaringsav (RA) fejtik ki. 1996-tól folytatott vizsgálat-és tárgyalássorozat után az Európai Unió 2010-ben fogadta el az E392 – Rozmaringkivonatok használatát (The European Parliament and Council, 2010b). Emellett más, rozmaringsavat és antioxidáns flavonoidokat tartalmazó fajok (közönséges szurokfű, orvosi zsálya) is fókuszba kerültek.

Mentafajokra, mint ezek forrásaira eddig kevesebb figyelem irányult, noha ezek szintén termelik e hatóanyagokat, amint a pl. a borsosmentának egy nagy mintaszámú felmérése tanúsítja (Guédon és Pasquier, 1994) így jelentős *in vitro* antioxidáns aktivitásuk mérhető (Damien-Dorman et al. 2003; Koşar et al. 2004). Néhány új közlés mutatott fel olyan eredményeket is, amelyek szerint a *M. arvensis* és a *M. x spicata* drogja, ill. egyes kivonatai

tartósító hatásúak (Bandhopadhyay et al. 2008; Viji et al. 2015); bár ezek nem vizsgálták részleteiben a felhasznált növényi anyag összetétele és hatásai közti kapcsolatot.

A termesztett élelmiszernövények mellett erősödik az érdeklődés a vadon termő, esetleg korábban fogyasztott, de ma nem használatos fajok iránt. Ezek új nyersanyagforrást és genetikai alapanyagot jelenthetnek, ha alkalmazkodóképesebbek s hatóanyag-összetételük hasonló, vagy előnyösebb (Bacchetta et al. 2016). Művelésbe vételük mellett még két érv szólhat. Vadon termő növényből nem vagy nehezen lehet évről évre állandó minőségű és toxikus szennyeződésektől mentes alapanyagot gyűjteni, termesztés során viszont ez megoldható a jó összetételt hordozó taxonok szaporításával (Llorens-Molina et al. 2015). A lómenta (*Mentha longifolia* (L.) L.), mint kevésbé tanulmányozott polifenol-forrás vizsgálatát, művelésbe vételét indokolhatja a növény hazai gyakorisága, ismert genetikai változatossága (Tucker és Naczi, 2007) és ebből következően a különféle élőhelyek iránti toleranciája. Genetikai változatossága kedvező polifenol-összetételű típusok kiválasztására ad lehetőséget. Hasznosításával az ipar számára az antioxidánsokat adó fajok választéka bővíthet, igazodva az ilyen készítmények iránti növekvő igényhez. Másrészt, a növény illóolaj-összetétele a nemzetségén belül kiemelkedően változatos (Tucker és Naczi, 2007; Orav et al. 2013; Németh-Zámboriné, 2016a). Kemotaxonómiája ennek ellenére nincs egységes rendszerbe foglalva, illetve, az ipar ma még nem hasznosítja illóolaját. Az illóolaj-összetétel jobb megismerésével erre is lehetőség nyílhat, mivel egyes típusai ízesítő (Bertoli et al. 2011), antioxidáns (Mimica-Dukić et al. 1993) és/vagy mikrobiális romlást gátló (Mimica-Dukić et al. 1993; Güllüce et al. 2007) összetevőket tartalmaznak.

2. CÉLKITŰZÉSEK

Cél tehát a lómentának, mint potenciális fenoloidforrásnak és – másodsorban – aromanövénynek fitokémiai felmérése, értékelése, későbbi művelésbe vonásához egyes kérdések tisztázása. Ez a növény magyarországi állományaiiban jelenlegi tudásunk szerint az első fitokémiai vizsgálatokat jelenti. A jelen tanulmányban a következő célokat tartjuk szem előtt:

- 1) Észak-Magyarország kiválasztott régióiban élő, vadontermő lómenta-populációk felmérése annak érdekében, hogy megismerjük a faj természetes variabilitását fenolos (összespolfenol-tartalom, főbb fenolos összetevők aránya) és illó komponenseik (illóolajtartalom, fő illóolaj-összetevők aránya) vonatkozásában.
- 2) Meghatározni azokat a tényezőket, amelyek befolyásolják a növény kemoszindrómáit a polifenol és az illó vegyületek szempontjából. Ezen belül vizsgálatainkban fel kívántuk tárni a következő tényezők hatását: *a) biotikus tényezők*: az intraspecifikus taxon, a fenofázis, az állomány kora *b) termőhelyi és évjáráti, időjárási faktorok* *c)* lehetőség szerint adatokat nyerni a taxon és a környezeti hatások kapcsolatrendszerében.
- 3) Meg kívántuk ismerni a lómenta populációk *in vitro* antioxidáns aktivitását, összefüggést találni a növény azonosított fenoloid összetevői és a kivonatokban mért AO tulajdonságok között.
- 4) A gyakorlati kivonatoláshoz olyan reprodukálható, optimalizált módszert megadni, ami magas *in vitro* antioxidáns aktivitású kivonatot eredményez.
- 5) Lehetőség szerint javaslatot tenni a növény agrotechnológiájának optimalizálására a különböző hatóanyagok kinyerése érdekében.
- 6) Javaslatot kívántunk tenni a lómenta egyes kemotípusainak potenciális élelmiszeripari alapanyagként való felhasználására, mint biztonságosan felhasználható antioxidánsforrás, illetve ízesítőanyagként alkalmazható és mikrobiális romlást gátló vegyületeket tartalmazó nyersanyag.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A NÖVÉNY BOTANIKAI BESOROLÁSA, ELTERJEDÉSE, ÉLŐHELYEI

A lómenta a *Lamiaceae* család *Nepetoideae* alcsaládjának *Mentha* nemzetségébe tartozó évelő növény. A Föld legelterjedtebb vadontermő mentafaja (Tucker és Naczi, 2007), sőt, egyes szerzők az egész nemzetség legnagyobb elterjedési területű taxonjának tartják (Vining et al., 2005). Európa, Nyugat-és Közép-Ázsia mediterrán és mérsékelt övi részein, Afrikában a Szaharától északra eső, illetve az esőerdő-övezettől délre fekvő területen honos.

Intraspecifikus taxonjainak besorolása az irodalom alapján már a 20. sz. eleje óta problémás és mindmáig nehezen áttekinthető. Soó R. (1968) szerint a leírt taxonok száma több, mint háromszáz(!). A nemzetség monográfiája 22 alfajt (Tucker és Naczi, 2007) tart számon, ebből 19-et Euráziában és Észak-Afrikában, 3-at pedig csak Zimbabwétól délre (→1. táblázat). Az eurázsiai alfajok közül itt egész Európában honosnak írják le a ssp. *longifolia*; Magyarországot említik a ssp. *grisella* és ssp. *minutiflora* alfajoknál, Romániát és a volt Jugoszláviát a ssp. *mollis* esetén. A magyarországi hajtásos növények határozója (Király, 2009) a lómenta „hazánkból jelzett, kétes létjogosultságú alfajai”-ként adja meg a ssp. *longifolia*, ssp. *grisella*, ssp. *mollissima*. A monográfiában (és a magyar határozóban) megadott rendszerezést azonban jelenleg a nagy rendszertani adatbázisok, úgymint a The Plant List (Internetes hiv.-1), az International Plant Names Index (IPNI), a World Plant Checklist (WPCS) (Internetes hiv.-2), ill. a World Flora Online (Internetes hiv.-3) csak részben jelzik elfogadottként. Ezen elfogadott alfajokat az 1. táblázatban vastagított szedés jelzi.

1.táblázat A nemzetség monográfiájában (Tucker és Naczi, 2007) felsorolt lómenta alfajok és elterjedési területük.

Subspecies	Régió
ssp. <i>calliantha</i>	Délnyugat-Irán, Kelet-Anatólia
ssp. <i>caucasica</i>	Kaukázus
ssp. <i>cyprica</i>	Ciprus, hegyvidékek
ssp. <i>diabolina</i>	Kelet-Európa. Ázsia
ssp. <i>dumortieri</i>	Belgium
ssp. <i>erminea</i>	Kelet-és Dél-Görögország, Kréta
ssp. <i>grisella</i>	Magyarország, Románia, Észak-Macedónia, Görögország; Kisázsia
ssp. <i>himalaiensis</i>	Afganisztán; a Himalája
ssp. <i>lavandulaceae</i>	Spanyolország
ssp. <i>longifolia</i>	Európa
ssp. <i>minutiflora</i>	Magyarország, Észak-Macedonia, Kréta
ssp. <i>modesta</i>	Kisázsia, Irán, Tibet
ssp. <i>mollis</i>	Románia, a volt Jugoszlávia
ssp. <i>noëana</i>	Anatólia, Irán, Irak
ssp. <i>pellita</i>	Szíria, Etiópia
ssp. <i>royleana</i>	Kisázsia; Irán, Afganisztán, Tibet; Szibéria
ssp. <i>schimperii</i> syn. var. <i>schimperii</i>	Arab-fsz., Sínai-fsz; Etiópia
ssp. <i>syriaca</i>	Szíria és Etiópia
ssp. <i>typhoides</i>	Égeikum, Észak-Irak és -Irán; Egyiptom, Libanon, Izrael
ssp. <i>capensis</i>	Fokföld, Lesotho, Namíbia, Zimbabwe
ssp. <i>polyadena</i>	Dél-Afrikai Köztársaság; Lesotho
ssp. <i>wissii</i>	Dél-Afrikai Köztársaság; Namíbia

A növény morfológiáját tekintve (→1. a-b ábra), szára felálló, 30-180 cm magasságú, négyélű, fehéren vagy (Király, 2009) szürkén molyhos, lágy szőrű; a bimbózás kezdetétől gazdagon elágazóvá válik.



a) b)
1. ábra a) Lómenta, virágzó hajtások, b), teljes növény. Eger, 2019 július. Fotó: Pénzesné Dr. Kónya E.

A 2-10 cm×1-3 cm-es levelei párosával átellenes állásúak, ülők; fűrészes szélűek szabálytalan fogakkal, lándzsásak vagy lándzsás-tojásdadok vagy (Király, 2009) elliptikusak, lekerekített vagy keskeny, szíves vállúak, kihegyesedő csúcsúak. Felszínük fehéren molyhos; kidomborodó erezetű fonákuk sűrűn, fehéren szőrözött. E fedőszőrök nem elágazók.

A virágzat 0,5-4 cm hosszú, tömött végálló füzér, álörvökbe rendeződő virágokból; köztük 1-4 mm hosszú, kihegyesedő végű, keskeny, szőrös, sötétzöld vagy antociános murvalevelek vannak. A csésze csöve szőrös. A párta 3-4 mm, világoslila (Király, 2009), mályvaszín, ritkán fehér és szintén lehet fedőszőrökkel borított (Internetes hiv.-4); a belőle 1-2 mm-re kinyúló négy porzó portokjai sötét pirosaslilák. A virágzás hazánkban június végétől augusztus-szeptemberig tart. A termés 1 mm-nél kisebb átmérőjű, barna vagy feketésbarna makkocská, felszínén hálós mintázattal; vízben gyengén duzzad (Internetes hiv.-4); csíráképes. A növény ivartalanul is hatékonyan szaporodik: kevéssel a föld alatt futó, fehér, felszínre kerülve antociános, 1-3 mm átmérőjű sztolóiról hajt. Az egész leveles vagy virágos hajtás erősen aromás, esetleg dohos (Internetes hiv.-4) illatú. A növény virága virágmézszerűen illatos.

A növény intraspecifikus taxonjainak megkülönböztetése morfológiai alapon igen nehéz (Soó,

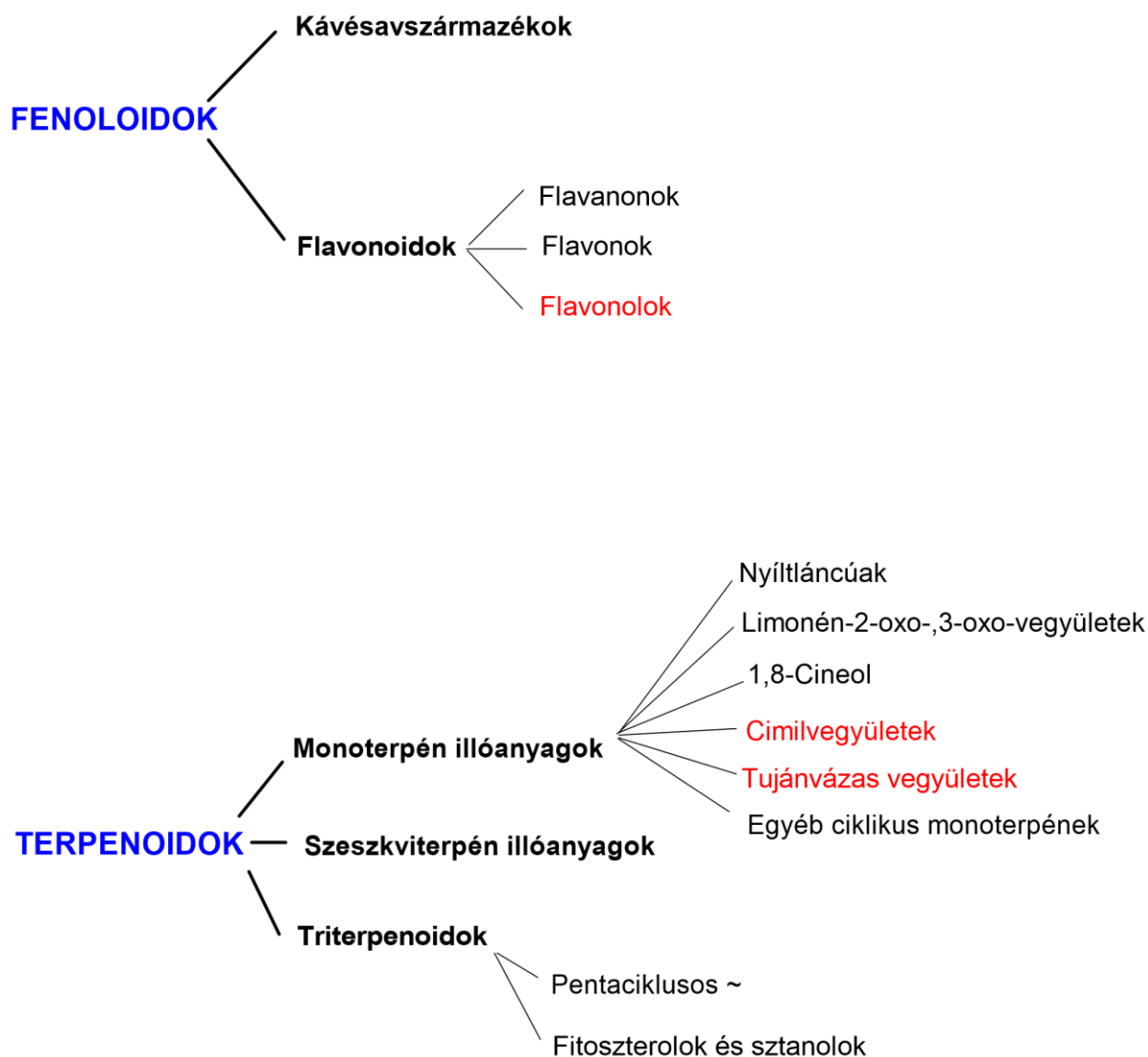
1968), bár a hazai, ssp. *longifolia*, ssp. *grisella*, ssp. *mollissima* taxonokhoz van magyar nyelvű határozókulcs is (Soó, 1968; Király, 2009), s ezekben egy ismertetőjegy a hajtás szőrzetének állása, “rásimuló” vagy “bozontos” volta. Ám a pontos határozás igénybevehet genetikai, kémiai, mikroszkópi vizsgálatokat is.

A növény élőhelyei változatosak. Általánosságban, elsősorban üde vagy nedves talajú területek, leginkább hegyvidékeken. Európában kb. 100 m-től 2200 m-ig (Kokkini és Papageorgiou, 1988), Iránban 3145 m-ig felhatolhat; itt egy 985 m magasságban lévő területen végeztek rajta termesztési kísérletet (Moshrefi Araghi et al. 2019). Ezen belül a faj vízparti magaskórós társulások, időszakos vízfolyások, legelők, kaszálórétek és erdei utakon, irtásokon a zavarás nyomán megtelepedő társulások része, illetve egyes ruderaliákon is él (hidak, vizesárkok, vasúti töltés, földút). Egy, litvániai állományokat bevonó botanikai vizsgálatban 24 *M. longifolia* példányról közölnek élőhelyi adatokat, ezek eloszlása a felsoroltakhoz hasonló képet ad: 13 db esetében tó- vagy folyópart, 5 különféle ruderaliák, 2 vizesárok, 2-2 db erdei terület volt gyűjtési helyként megjelölve (Petrulaitis és Gudžinskas, 2018). Szíriában és Izraelben pedig *wadik*ból (sivatagos területen lévő vízmosás, kanyon) is írták le példányait (Fleisher és Fleisher, 1991; Tucker és Naczi, 2007). Észak-Amerikában, a New York-i botanikus kert határozója alapján (Internetes hiv.-1 és-5), termesztésből kivadulva él utakon, szántóföldeken, pusztákon. A felsorolt sokféle előfordulási hely adatai arra utalnak, hogy a faj, bár a nedves vagy üde talajú élőhelyeket kedveli, nagyon különböző talajfajtákhoz és klimatikus viszonyokhoz is jól alkalmazkodik (bár külön erre a kérdésre nézve nem volt található felmérés).

A lómenta szülőfaja a fodormentának (*M. x spicata* L. – *M. longifolia* (L.) L x *M. suaveolens* Ehrh.) (Gobert et al. 2002; Praszna, 2013) így közvetve a borsosmentának.

3.2. A LÓMENTA HATÓANYAGAI

A lómenta a nemzetsége többi tagjához hasonlóan legfőképpen két hatóanyagosztály vegyületeit tartalmazza: a terpenoidokét (izoprenoidok) és a fenoloidokét (fahéjsav-anyagcseretermékek). A faj irodalma alapján jelenlévő hatóanyagok csoportosítását e két osztályon belül a 2. ábra mutatja, bővebben pedig a 3.3-3.5. pontok tárgyalják. Az ábrán vörös kiemeléssel jelöltem egyes vegyületcsoportokat – ezek a fenoloidok közül a flavonolok, illetve a monoterpén illóanyagok közül a cimilvegyületek és a tujánvázás anyagok – amik a menta nemzetségben nem tipikusak, de a lómentából vannak rájuk nézve adatok. Az említett két hatóanyagosztály változatos képviselőin kívül 2006-ban kimutattak addig ismeretlen zsírsavamidokat is (M. S. Ali et al. 2006 a,b). Ezekkel röviden a 3.6. pont foglalkozik.



2. ábra A lómenta fő hatóanyagosztályai és az osztályokon belüli vegyülettípusok.

3.3. A LÓMENTA FENOLOID HATÓANYAGAI

3.3.1. FENOLSAVAK ÉS ÉSZTEREIK

3.3.1.1 Rozmaringsav (RA)

A RA felhalmozását általában a *Nepetoideae* alcsaládra jellemzőnek tartják (Grayer et al. 2003). Petersen és Simmonds (2003) összegzi összehúzó, antioxidáns (AO), gyulladáscsökkentő, antivirális ill. antimutagén hatását. A lómenta fenoloidjai hasznosításának kutatásai elsősorban ezen – a faj uralkodó hatóanyagának tekintett – vegyületre összpontosítanak, mint AO, (Dudai et al. 2006; Fialová et al. 2008; Krzyzanowska et al. 2011) gyulladáscsökkentő (D. Shen et al. 2011) kolinészteráz-gátló (Vladimir-Knežević et al. 2014) ágensre. A lómenta RA-tartalmának adatait a 2. táblázat mutatja. A koncentrációban nagy eltérések láthatók, a 20 000–80 000 mg/kg drogtartománytól (Dudai et al. 2006) 18,68 mg/kg-ig (Park et al. 2019); e szélsőértékeket a táblázat kiemelve mutatja. E variabilitás nemcsak az igazoltan nagy örökletes különbségek miatt (Dudai et al. 2006) ekkora, hanem mert nem egységes, milyen korú, fenofázisú növény milyen részét vizsgálják; sőt, ez sokszor nincs is megadva. A kivonatolás módja sem egységes; bár sokszor metanol (MeOH) a kivonószer, a módszerek eltérők: pl. ráztatás (Dudai et al. 2006), Soxhlet- (Güllüce et al. 2007) és ultrahang (UH)-kezelés (Moshrefi Araghi et al. 2019) is előfordul. Mindez nehezíti a faj összetételbeli variabilitásának értékelését.

2. táblázat Lómenta rozmaringsav-tartalmának irodalmi adatai.

Koncentráció (c)	c, mg/kg drogt	Drogt	Fenofázis	Hivatkozás
20–80 mg/g drogt	20 000–80 000	Levél és szár	N.A.	Dudai et al. (2006)
26,6 mg/g drogt	26 600	Teljes hajtás	Virágzó	Shekarchi et al. (2012)
21,58 mg/g drogt	21 580	Callustenyészet	(-)	Krzyzanowska et al. (2011)
12,765 mg/g drogt	12 765	Sejtszuszpenzió	(-)	Krzyzanowska et al. (2011)
1,19 m/m % drogt	11 900	NA	NA ^c	Fialová et al. (2008)
0,88 m/m % drogt	8800	NA	NA ^d	Fialová et al. (2008)
6418–11 366 mg/kg	6418–11 366 ^b	Teljes hajtás	Virágzó	Patonay et al. (2017)
6,99 mg/g drogt	6990	Levél és szár	Virágzó	Shen D. et al. (2011)
4,45 mg/g drogt	4455	NA (in vitro)	NA	Krzyzanowska et al. (2011)
39,6–261,3 mg/100 g	396,0–2613	Levél és szár	Virágzó	Moshrefi Araghi et al. 2019
1,93 mg/g drogt	1933	NA (szabadföldi)	NA	Krzyzanowska et al. (2011)
22,33 mg/g kivonat	1639	Teljes hajtás	Virágzó	Vladimir-Knežević et al. (2014)
61,47 mg/100 g	614,7	Levél	T. vegetatív	Tahira et al. (2011)
18,68 ug/g drogt	18,68	Levél és szár	NA ^e	Park et al. (2019)

^bOldószerfüggő ^cVágás: július; ^dVágás: szeptember; ^eVágás: június T= tavaszi (hajtás). NA =nincs adat

3.3.1.2 További hidroxifahéjsav-, hidroxibenzoészav-származékok

A RA-on kívül más fenolos savokról és származékaikról szórványosak az adatok (3-4. táblázat). Kávészav, *para*-kumársavat vizsgáltak Dudai et al (2006); a RA-hoz hasonlóan, 40 db különböző genetikai háttérű, de ugyanott nevelt mintából. E vegyületekben is nagy, genotípushoz kötött variabilitást igazoltak. Nepetoidin A és B-t kvalitatíve határoztak meg Grayer és munkatársai (2003), mint a *Nepetoideae* alcsalád bélyegét. Szalviánolsav L-t és

dedihidro-szalviánolsavat Krzyzanowska és munkatársai (2011) írtak le. Utóbbihoz UV-maximumot és m/z adatokat is rendelnek, móltömeget, szerkezetet nem; s ez adatbázisokban (PubChem, PhenolExplorer, HMDB, NIST Webbook), irodalomban sem található. Ertaş és munkatársai (2015) hexakozil-ferulát és bisz-(2-etilhexil-)benzol-1,2-dikarboxilát jelenlétét igazolják egy *M. longifolia* ssp. *noëana* tételben (Töröko.) Az értékelést a RA-tartalomnál említetteken felül bonyolítja, hogy több vegyületet is csak egy tételből – vagy ua. szaporítóanyagból többféleképp nevelt utódokból (Krzyzanowska et al. 2011) – határoztak meg. Így nem tudjuk, a fajban melyik, milyen gyakorisággal fordul elő, mi befolyásolja a termelődését stb.

3. táblázat Fahéjsav-származékok a lómentában.

Név	Koncentráció (c)	c, mg/kg drog	Drog	Fenofázis	Hivatkozás
transz-Fahéjsav	15–79 µg/g k ^b	NA ^a	Levél és szár	NA ^c	Park et al (2019)
transz-Fahéjsav	6,5 µg/g	6,5	Virág, levél, f. szár	Virágzó	Bahadori et al. (2018)
p-Kumársav (k)	ca. 25–250 mg/g drog	ca. 250–2500	Levél és szár	NA	Dudai et al. (2006)
p-Kumársav	2,687 mg/g drog	26,9	Teljes hajtás	NA	Benedec et al. (2013)
p-Kumársav	6,15 µg/g drog	6,15	Virág, levél, f. szár	Virágzó	Park et al. (2019)
o-Kumársav	134–328 µg/g k ^b	NA ^a	Levél és szár	NA ^c	Bahadori et al. (2018)
Kávésav(sz)	ca. 10–24 mg/g drog	10 000–24 000	Levél és szár	N.A	Dudai et al. (2006)
Kávésav(k)	ca. 6–16 mg/g drog	6000–16 000	Levél és szár	N.A	Dudai et al. (2006)
Kávésav	314,8 mg/100 g drog	3418	Teljes hajtás	NA	Tahira et al (2011)
Kávésav	1,18 mg/g k.	86,7	Teljes hajtás	Virágzó	V.-Knežević et al (2014)
Kávésav	0–273,3 mg/kg drog	0–273,3	Teljes hajtás	Virágzó	Patonay et al (2017)
Ferulasav	0,94 mg/100 g drog	9,4	Levél és szár	NA ^c	Tahira et al. (2011)
Ferulasav	0–30,59 mg/kg drog	0-30,6	Teljes hajtás	Virágzó	Patonay et al (2017)
Ferulasav	38,70 µg/g k.	38,7	Teljes hajtás	Virágzó	Park et al. (2019)
Hex.-ferulát	6 mg/1350 g drog	4,4	Levél és szár	NA ^c	Ertaş et al. (2015)
Szinápinsav	4604–7132 µg/g k ^b	NA ^a	Teljes hajtás	NA	Bahadori et al. (2018)
Klorogénsav	1,50 mg/g sz.k.	110,1	Teljes hajtás	Virágzó	V.-Knežević et al (2014)
Klorogénsav	170,90 µg/g	170,9	Virág, levél, f. szár	Virágzó	Park et al. (2019)
Szalviánolsav L	0,285 mg/g drog	285	NA	NA	Krzyzanowska et al (2011)
Dedihidro-szalviánolsav	0,084 mg/g drog	84	NA	NA	Krzyzanowska et al (2011)
Nepetoidin A	NA	NA	Levél	Virágzó	Grayer et al. (2003)
Nepetoidin B	NA	NA	Levél	Virágzó	Grayer et al. (2003)

^aNem átszámítható, kihozatal adata hiányzik ^bOldószerfüggő ^cJúniusi vágás. Hex= hexakozil, T= tavaszi, f = fiatal, k= kivonat, sz = szabad, k = kötött

4. táblázat Benzoésavszármazékok előfordulása lómentában.

Név	Koncentráció (c)	c mg/kg drog	Drog	Fenofázis	Hivatkozás
Benzoésav	25,84 µg/g drog	25,8	Levél és szár	N.A.	Park et al (2019)
Vaníliásav	0–62,17 mg/kg drog	0-62,17 ^b	Teljes hajtás	Virágzó	Patonay et al (2017)
Galluszsav	0–2583 mg/kg drog	0-2583 ^b	Teljes hajtás	Virágzó	Patonay et al (2017)
Galluszsav	2–72 µg/g k ^b	N.A. ^a	Virág, levél, f. szár	Virágzó	Bahadori et al. (2018)
Sziringinsav	0–56,75 mg/kg drog	0-56,75	Teljes hajtás	Virágzó	Patonay et al (2017)
Sziringinsav	9–33 µg/g k ^b	N.A. ^a	Virág, levél, f. szár	Virágzó	Bahadori et al. (2018)
Protokatehusav	6–7 µg/g k ^b	N.A. ^a	Virág, levél, f. szár	Virágzó	Bahadori et al. (2018)
Bisz-(2-etilhexil)-benzol-1,2-dikarboxilát	4 mg/1350 g drog	2.9	Teljes hajtás	N.A.	

^aNem átszámítható, kihozatal adata hiányzik ^bOldószerfüggő. f= fiatal, k= kivonat

3.3.2. FLAVONOIDOK

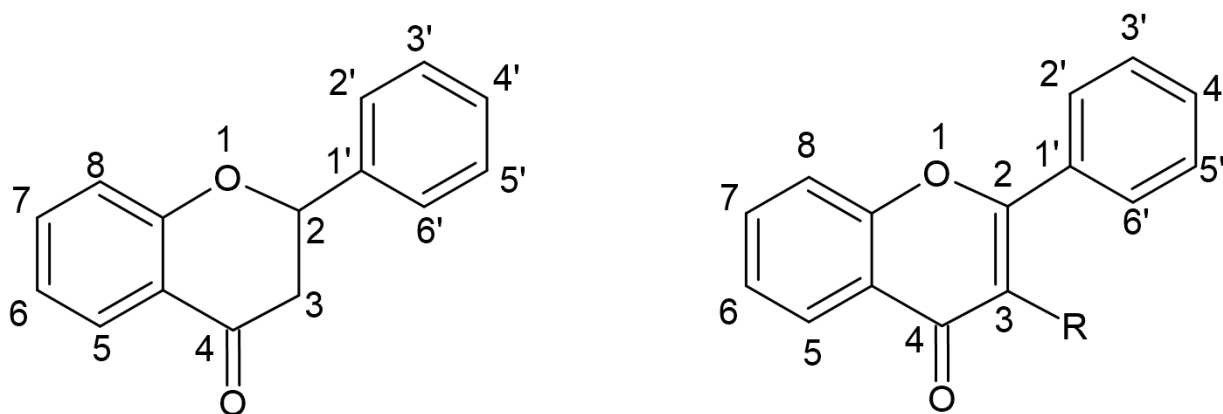
Látszólag bőségesek az idevonatkozó adatok: 1973-2019 között 55 különböző vegyületet mutattak ki lómenta mintáiból, köztük hatot *de novo*. Kiviláglik azonban, hogy ezek az adatok igazából szétszórtak; 1-3 mintából vannak mérve, amiknek nagyon gyakran alapadatai – hely, fenofázis, drogtípus – hiányoznak. Így alig tájékozódhatunk arról, egy-egy flavonoid mennyire gyakori a fajban, milyen fenofázisú növény mely részeiben dúsul (Patonay és Németh-Zámboriné 2021). Nincs nagy mintaszámú, rendszerezett felmérés, mint ami elérhető pl. borsosmentára (Guédon és Pasquier, 1994).

Néhány, a nemzetségben közös flavonoidra – narirutin, eriocitrin, heszperidin, diozmin – a fajból egyetlen mennyiségi mérés sincs, csak kvalitatív kimutatásukról tudunk.

Egy esetben (Krzyzanowska et al. 2011) pedig nincs megadva se a glikozidos, se a glikánrészen belüli kötések helye, így a mért flavonoidok igazából nem azonosíthatók.

Kevés az adat arról is, a feldolgozás hogyan hat a flavonoidokra; szárítás (Stanislavljević et al. 2012), hőkezelés (Stocker és Pohl 1976) okozta bomlásról van irodalmunk.

Az alábbiakban következők (3.3.2.-3.3.5. pontok)— a flavonoidok szerkezetének, és az AO tulajdonságaik szerkezetfüggő vonásainak – jobb megvilágítását szolgálja a 3. ábra, ami a flavanon alapvázat és a flavon/flavonol alapvázat mutatja, számozással. Az 5., 6., 8. táblázatok foglalják össze az egyes vegyületek szerkezeti adatait és irodalmuk hivatkozásait, illetve a flavonok esetében a 7. táblázat a mennyiségi adatokat (amik a többi flavonoid vegyületcsoportéhoz képest ugyan bővebbek, de ugyanazokat a problémákat mutatják, mint amelyekre a fenolkarbonsavak tárgyalásánál kitértem).



3. ábra Flavanonok alapváza; flavonok és flavonolok közös alapváza ($R = H$: flavon, $R = OH$: flavonol). Rajz: Patonay K.

3.3.2.1. Flavanonok jelenléte a lómentában

A nemzetségben domináns (Pereira és Cardoso 2013) vegyülettípuson belül naringenin, eriodiktiol, heszperetin 7-O-glikozidjairól vannak (sporadikus) adataink, általában mennyiségi mérés nélkül. Egy esetben tudunk más aglikon származékáról: M. S. Ali és munkatársai (2002) izolálták a 4'-OMe-naringenin-7-O-fukopiranozil-1→6-glükózidot vagy *longitin* 20 mg-ját a növény egy ismeretlen begyűjtési helyű és fenofázisú, nagy (8 kg) pakisztáni mintájából. A fajból eddig kimutatott flavanonok szerkezeti adatait és irodalmi hivatkozásait az 5. táblázat mutatja.

5. táblázat A lómentából korábban kimutatott flavanonok.

Szubsztitúciós mintázat									Név	Hiv
C3	C5	C6	C7	C8	C2'	C3'	C4'	C5'		
H	OH	H	OH	H	H	H	OH	H	Naringenin	1
H	OH	H	O-rut	H	H	H	OH	H	Naringenin-7-O-rutinozid, narirutin	1
H	OH	H	O-fuc-glu	H	H	OH	OMe	H	4'-metoxi-naringenin-7-O-fukopiranozil-1 → 6-glükózid, longitin	2
H	OH	H	OH	H	H	OH	OH	H	Eriodiktiol	3
H	OH	H	O-rut	H	H	OH	OH	H	Eriodiktiol-7-O-rutinozid, eriocitrin	4;1
H	OH?	H	OH?	H	H	OH?	OH?	H	Eriodiktiol-O-glükózid-ramnozid	5
H	OH	H	O-rut	H	H	OH	OMe	H	Heszperetin-7-O-rutinozid, heszperidini	4;6

fuc =fukóz, glu=glükóz, rut =rutinóz, OMe=metoxi. '?'= Nincs adat a glikozidos kötés helyéről. A jobb átláthatóságért számozva vannak a hivatkozások: 1) Hawrył et al. (2016); 2) M.S. Ali et al. (2002); 3) Bahadori et al. (2018) 4) Bourwieg és Pohl(1973); 5) Krzyzanowska et al. (2011); 6) Ghouami et al. (2001)

3.3.2.2. Flavonok jelenléte a lómentában

A nemzetségnek a másik jellemző flavonoid hatóanyag típusából elsősorban apigenint, luteolint és glikozidjaikat mutatták ki gyakrabban (→6-7. táblázat). A naringeninkalkonból naringeninen át apigeninhez (és metoxiapigeninekhez) vezető anyagcsereút és a naringeninkalkonból naringeninen, eriodiktiolon át luteolinhoz (és metoxilált származékaihoz) vezető út a *Mentha* nemzetségben jellemző, példát adnak erre a borsosmenta anyagcsereútjai (e Freitas et al. 2019). Az ezekből származó további aglikonokról (a hipolaetin kivételével 4'-metoxi-, és polimetoxiflavonok) és glikozidjaikról csak egy-egy mintából van tudomásunk. A lómentából korábban kimutatott flavonok között továbbá előzőleg ismeretlen vegyületek is vannak: az 5,7,4'-trihidroxi-6,2',3'-trimetoxi-flavon (Ghouami et al. 2001, Marokkó),– ennek szerkezetében szokatlan jellegzetesség a C2' helyen lévő szubsztituens – , továbbá az 5,8,4'-trihidroxi-6,7,3'-trimetoxi-flavon és a szintén különleges mintázatú 5-hidroxi-7,8,2',3'-tetrametoxi-flavon (Jahan et al., 2001, Pakisztán), három tricetinszármazék (Sharaf et al. 1999, Szaúd-Arábia). Utóbbi a szerzők szerint az első alkalom, hogy *Lamiaceae* növényből az izolált gyűrűjükön triszubsztituált flavonoidokat mutattak ki. A Ghouami és munkatársai (2001), a Jahan és munkatársai által leírt flavonok, valamint a tricetinszármazékok gyakoriságát a fajban, illetve anyagcsereútjukat nem ismerjük, mivel itt is egy-egy tételből történt az izolálás.

6. táblázat A lómentában korábban kimutatott flavonok: szerkezetük és irodalmi adataik.

Szubsztitúciós mintázat									Név	Hiv
C3	C5	C6	C7	C8	C2'	C3'	C4'	C5'		
H	OH	H	OH	H	H	H	OH	H	5,7,4'-trihidroxi-flavon, apigenin	1; 3; 7; 8;9;18
H	OH	H	O-glu	H	H	H	H	H	Apigenin-7-O-glükozid, cosmosiin, apigetrin	10
H	OH	H	O-glc	H	H	H	H	H	Apigenin-7-O-glükuronid	4;10
H	OH	H	O-rut	H	H	H	H	H	Apigenin-7-O-rutinozid, izoroifolin	10
H	OH	H	OH	H	H	H	O-glu	H	Apigenin-4'-O-glükozid	11
H	O-glu	H	OH	H	H	H	OH	H	Apigenin-5-O-glükozid	11
H	OH	C-glu	OH	C-glu	H	H	OH	H	Apigenin-6,8-C-diglükozid, vicenin-2	12
H	OH	H	OH	H	H	H	OMe	H	4'-metoxiapigenin-7-O-rutinozid, acetin-7-O-rutinozid	4
H	O-glu	H	OMe	H	H	H	OH	H	7'-metoxiapigenin-5-O-glükozid, genkwanin-5-O-glükozid	11
H	O-6''-mal-glu	H	OMe	H	H	H	OH	H	Genkwanin-5-O-[6''-O-malonil-]glükozid	11
H	OH	H	OMe	H	H	H	OH	H	Genkwanin-4'-O-glükozid, fegopolin	11
H	OH	H	OH	H	H	OH	OH	H	5,7,3',4'-tetrahidroxi-flavon, luteolin, luteolol	1;3; 8; 9;13;
H	OH	H	O-glu	H	H	OH	OH	H	Luteolin-7-O-glükozid, cinarozid	4; 6; 9; 12;
H	OH	H	O-glc	H	H	H	H	H	Luteolin-7-O-glükuronid	4;13
H	OH	H	O-rut	H	H	H	H	H	Luteolin-7-O-rutinozid, lonicerin, veronikasztrozid	4;13
H	OH	H	O-neohes	H	H	H	OH	H	Luteolin-7-O-neohesperozid	12
H	OH	H	O-neohes	H	H	H	O-soph	H	Luteolin-7-O-neohesperozid-4'-O-sophorozid	14
H	O-glu	H	OH	H	H	OH	OH	H	Luteolin-5-O-glükozid, galuteolin	11
H	OH?	H	OH?	H	H	OH?	OH?	H	Luteolin-glükuronid	5
H	OH?	H	OH?	H	H	OH?	OH?	H	Luteolin-glükuronid, izomer	5
H	OH?	H	OH?	H	H	OH?	OH?	H	Luteolin-glükozid-ramnozid	5
H	OH?	H	OH?	H	H	OH?	OH?	H	Metilált luteolin-glükuronid	5
H	OH?	H	OH?	H	H	OH?	OH?	H	Luteolin-diglükuronid	5
H	OH	H	O-rut	H	H	H	OMe	H	Diozmetin-7-O-rutinozid, diozmin	4
H	OH	H	OH	H	H	H	OH	H	8-OH-luteolin, Hypolaetin	12
H	OH	C-glu	OH	C-glu	H	H	OH	H	Hypolaetin-6,8-C-diglükozid, lucenin-1	12
H	OH	H	OH	H	H	H	OMe	H	Hypolaetin-4'-methyl ether	14
H	OH	H	OH	H	H	O-glu	OH	O-rha	Tricetin-3'-O-glükozid-5'-O-ramnozid	15
H	OH	H	OH	H	H	O-rha-rha	OH	OH	Tricetin-3'-O-di-ramnozid	15
H	OH	H	OMe	H	H	O-glu	OH	O-rha	7-metoxi-tricetin-3'-O-glükozid-5'-O-ramnozid	15
H	OH	OH	OMe	OMe	H	OMe	OH	H	5,6, 4'-trihidroxi-7,8,3'-trimetoxi-flavon, thymonin	7
H	OH	OMe	OMe	OH	H	OMe	OH	H	5,8, 4'-trihidroxi-6,7,3'-trimetoxi-flavon	15
H	OH	OH	OMe	OMe	H	OMe	OMe	H	5,6,-dihidroxi-7,8,3'4'-tetrametoxi-flavon, pebrellin	7; 17
H	OH	H	OMe	OMe	OMe	OMe	H	H	5-hidroxi-7,8,2',3'-tetrametoxi-flavon	15
H	OH	OMe	OH	H	OMe	OMe	OH	H	5,7,4'-trihidroxi-6,2',3'-trimetoxi-flavon	14
H	OH	OMe	OMe	H	H	OMe	OMe	H	5-hidroxi-6,7,3',4'-tetrametoxi-flavon, belamkanidin	18
H	OH	OH	OMe	H	H	OMe	H	H	5,6,4'-trihidroxi-7,3'-dimetoxi-flavon	12

7. táblázat A lómentából kimutatott flavonok mennyiségi adatai

Vegyület neve	Koncentráció (c)	c (mg/kg drog)	Drog	Fenofázis	Ref.
5,7,4'-trihidroxi-flavon, apigenin	19,7–144,2 mg/kg drog	19,7–144,2 ^b	Levél, szár, virág	Virágzó	18
5,7,4'-trihidroxi-flavon, apigenin	94–124 ug/g kc	NA ^a	Virág, levél, f szár	Virágzó	3
Apigenin-7-O-glükozid, cosmosiin, apigetrin	3,6 mg izolálva 1 kg drogból	3,6	Levél, szár	Virágzó	10
Apigenin-7-O-glükuronid	5,2 mg izolálva 1 kg drogból	5,2	Levél, szár	Virágzó	10
Apigenin-7-O-rutinozid, izoroifolin	6,3 mg izolálva 1 kg drogból	6,3	Levél, szár	Virágzó	10
Apigenin-4'-O-glükozid	0,81 mg/g k	191	Teljes hajtás	Virágzó	11
Apigenin-5-O-glükozid	7,53 mg/g k	843	Teljes hajtás	Virágzó	11
5,7,3',4'-tetrahidroxi-flavon, luteolin	1,764 mg/g drog	17,6	Teljes hajtás	Virágzó	8;16
5,7,3',4'-tetrahidroxi-flavon, luteolin	84–162 ug/g k	NA ^a	Virág, levél, f szár	Virágzó	3
Luteolin-7-O-glükozid, cinarozid	3,91 mg/g k	NA ^a	Levél	NA	9
Luteolin-7-O-glükozid, cinarozid	7,0 mg izolálva 1 kg drogból	7	Levél, szár, virág	Virágzó	13
Luteolin-7-O-glükuronid	4,0 mg izolálva 1 kg drogból	4	Levél, szár, virág	Virágzó	13
Luteolin-7-O-rutinozid, lonicerin	18,3 mg izolálva 1 kg drogból	18,3	Levél, szár, virág	Virágzó	13
Luteolin-5-O-glükozid, galuteolin	1,69 mg/g k	196	Teljes hajtás	Virágzó	11
Luteolin-glükuronid	2,237 mg/g drog	2237	NA (szabadföldi növény)	NA	5
Luteolin-glükuronid	0,007 mg/g drog	7	NA (in vitro növény)	NA	5
Luteolin-glükuronid, egy másik izomer	0,285 mg/g drog	285	NA (szabadföldi növény)	NA	5
Luteolin-glükuronid, egy másik izomer	0,005 mg/g drog	5	NA (in vitro növény)	NA	5
Luteolin-glükuronid, egy másik izomer	0,074 mg/g drog	74	Callustenyészet	(–)	5
Luteolin-glükozid-ramnozid	3,576 mg/g drog	3576	NA (szabadföldi növény)	NA	5
Luteolin-glükozid-ramnozid	1,134 mg/g drog	1134	NA (in vitro növény)	NA	5
Luteolin-glükozid-ramnozid	0,018 mg/g drog	18	Sejtszuszpenzió	(–)	5
Luteolin-glükozid-ramnozid	0,013 mg/g drog	13	Callustenyészet	(–)	5
Metilált luteolin glükuronid	0,007 mg/g drog	7	NA (szabadföldi növény)	NA	5
Metilált luteolin glükuronid	0,013 mg/g drog	13	NA (in vitro növény)	NA	5
Luteolin-diglükuronid	1,432 mg/g drog	1432	NA (szabadföldi növény)	NA.	5
Tricetin-3'-O-glükozid-5'-O-ramnozid	28 mg izolálva 200 g drogból	140	Teljes hajtás	NA	15
Tricetin-3'-O-di-ramnozid	31 mg izolálva 200 g drog	155	Teljes hajtás	NA	15
7-metoxi-tricetin-3'-O-glükozid-5'-O-ramnozid	21 mg izolálva 200 g drog	105	Teljes hajtás	NA	15
Genkwanin-5-O-glükozid	0,56 mg/g k	64,9	Teljes hajtás	Virágzó	11
Genkwanin-5-O-[6"-O-malonil-]-glükozid	1,96 mg/g k	183	Teljes hajtás	Virágzó	11
Genkwanin-4'-O-glükozid, fegopolin	0,52–0,57 mg/g kd	58,8–60,3	Teljes hajtás	Virágzó	11
5,6,-dihidroxi-7,8,3'4'-tetrametoxi-flavon, pebrellin	0,015 w/w % drog	150	Teljes hajtás	Elvirágzott	6
5,7,4'-trihidroxi-6,2',3'-trimetoxi-flavon	0,010 w/w % drog	100	Teljes hajtás	Elvirágzott	6
5-hidroxi-6,7,3',4'-tetrametoxi-flavon, belamkanidin	5 mg izolálva 1350 g drogból	3,7	NA	NA	17
5-hidroxi-7,8,2',3'-tetrametoxi-flavon	25 mg izolálva 20 kg drogból	$1,25 \times 10^{-3}$	NA	NA ^d	14
Hypolaetin-4'-metiléter	30 mg izolálva 20 kg drogból	$1,5 \times 10^{-3}$	NA	NA ^d	14
5,8,4'-trihidroxi-6,7,3'-trimetoxi-flavon	45 mg izolálva 20 kg drogból	$2,25 \times 10^{-3}$	NA	NA ^d	14

^aNem átszámítható, kihozatal adata hiányzik ^bOldószerfüggő ^dMárciusi vágás. f= fiatal, k= kivonat

A 6-7. táblázatban glu=glükóz, glc=glükuronid, mal= malonil, neohes=neoheszperidóz, rha=ramnóz, soph=szoforóz, rut =rutinóz, OMe=metoxi. '?'= Nincs adat a glikozidos kötés helyéről. A jobb átláthatóságért számozva vannak a hivatkozások: 1) Hawrył et al. (2016); 2) M.S. Ali et al. (2002); 3) Bahadori et al. (2018) 4) Bourwieg és Pohl (1973); 5) Krzyzanowka et al. (2011); 6) Ghouami et al. (2001); 7) Akroum et al. (2009); 8) Benedec et al. (2013); 9) Elansary és Mahmoud (2015); 10) Baris et al. (2011); 11) Stanislavljević et al. (2012); 12) Ulubelen et al. (2005); 13) Orhan et al. (2012); 14) Jahan et al. (2001); 15) Sharaf et al. (1999); 16) Tomás-Barberán et al. (1988); 17) Ertas et al. (2015); 18) Patonay et al. (2017).

3.3.2.3 Flavonolok jelenléte a lómentában

Noha a flavonolokat a nemzetség vagy a faj fitokémiájával foglalkozó áttekintő cikkek (Ulubelen et al. 2005; Mimica-Dukić et al. 2008; Pereira és Cardoso 2013; Farzaei et al. 2017, Salehi et al. 2018) nem jelölik meg mint jellemző vegyületípust, a lómentából viszonylag gyakran jeleztek flavonoltartalmú mintákat. Általában kvercetin-, ritkábban kaempferol-glikozidokról (8. táblázat), egy esetben (Jahan et al. 2001) miricetinszármazékról is van tudomásunk. Mivel ezek távol eső területekről – Magyarország (Patonay et al. 2017), Románia (Benedec et al. 2013), Szerbia (Stanislavljević et al, 2012) Pakisztán (Jahan et al. 2001), Dél-Korea (Park et al. 2019) – azaz biztosan elkülönülő populációkból származnak, kérdés, hogy a flavonolok, különösen, a kvercetinszármazékok termelése mennyire lehet univerzális a fajban. Ez utóbbiak erős *in vitro* antioxidáns volta miatt is fontos. Koncentrációjuk változékonynak mutatkozik. Rutint pl. Benedec et al. (2013) 0,822 mg/100 g-t határoznak meg (a.m. 8,22 mg/kg), Park et al. 11 660 mg/kg-t (2019). Utóbbi rutinra eddig a legdúsabb minta; sajátosan, gyakorlatilag RA-mentes (RA 18,68 mg/kg).

8. táblázat Flavonolok a lómentában, szerkezet és irodalmi adatok

Szubsztitúciós mintázat									Név	Hiv (*)
C3	C5	C6	C7	C8	C2'	C3'	C4'	C5'		
OH	OH	H	OH	H	H	H	OH	H	Kaempferol	18;19
O-glu	OH	H	OH	H	H	H	OH	H	Kaempferol-3-O-glükozid, astragalin	7;11
O-soph	OH	H	OH	H	H	H	OH	H	Kaempferol-3-O-szoforozid, szoforaflavonozid	11
O-rha	OH	H	OH	H	H	H	OH	H	Kaempferol-3-O-ramnozid, afzelin	11
OH	OH	H	O-rha	H	H	H	OH	H	Kaempferol-7-O-ramnozid	11
O-6"-mal-glu	OH	H	O-rha	H	H	H	OH	H	Kaempferol-3-O-[6"-O-malonil-]-glükozid-7-O-ramnozid	11
OH	OH	H	OH	H	H	OH	OH	H	Kvercetin	9; 19;20
O-glu	OH	H	OH	H	H	OH	OH	H	Kvercetin-3-O-glükozid, izokvercitrin	15
O-rut	OH	H	OH	H	H	OH	OH	H	Kvercetin-3-O-rutinozid, rutin	1; 3; 8; 18;19
O-glu	OH	H	O-glu	H	H	OH	OH	H	Kvercetin-3,7-O-diglükozid	7;8
OH	OH	H	O-rha	H	H	OH	OMe	OH	4'-metoximiricetin-3-O-ramnozid	15

glu=glükóz, rut=rutinóz, mal=malonil, OMe=metoxi. Az átláthatóság végett számozva vannak a hivatkozások:

1) Hawrył et al. (2016); 3) Bahadori et al. (2018); 7) Akroum et al. (2009); 8) Benedec et al. (2013); 9) Elansary és Mahmoud (2015), 11) Stanislavljević et al. (2015); 14) Jahan et al. (2001); 18) Patonay et al. (2017); 19) Park et al (2019).

3.3.3. OXIDATÍV FOLYAMATOK ÉLELMISZEREINKBEN, GÁTLÁSUK LEHETŐSÉGEI EGYES NÖVÉNYI ANYAGOKKAL ÉS EZEK VIZSGÁLATA

Oxidációs folyamatoknak és ezektől eredő károsodásnak mind az élő szervezetek, mind élelmiszereink ki vannak téve. Az ezeket a reakciókat megindító erős oxidálószeres lehetnek oxigén-, nitrogén-, szén-, ritkábban halogén-, kénatom-központú részecskék, azon belül

- A) szabad gyökök, azaz párosítatlan elektront hordozó, emiatt fokozottan reaktív atomcsoportok vagy ionok; pl., a hidroxilgyök (OH^\bullet), a szuperoxid-gyökion (O_2^\bullet), illetve
- B) nem gyökös oxidatív ágensek, mint a levegő oxigénje alapállapotban (*triplett* oxigén) és egy, a reakcióképességét erősítő gerjesztett állapotban (*szingulett* oxigén) egyaránt; ózon; klórgáz; hipokloritok; egyes nitrogénoxidok. (Balogh, 2010).

Élő szervezetben egyes oxidálószeres, pl. szuperoxid keletkezése (Benzie, 2000), vagy az immunrendszer egyes sejtjeiben az agresszív hipoklorit termelődése (Kopprasch et al. 1998) a normál anyagcsere részei (Balogh, 2010). Az aerob élőlények evolúciója során többlépcsős védekező rendszerek alakultak ki, amelyek az oxidálószeresnek, elsősorban oxigénszármazékoknak, a saját szövetekkel való reakciói alól mentesíthetik a sejteket (Benzie, 2000; Hegedűs és Stefanovitsné Bányai, 2012a; Nemes et al. 2015). Az élő szervezet antioxidáns védekező rendszere és AO státuszának vizsgálata ezért kiterjedt kutatás tárgya (Benzie és Strain, 1996, Benzie, 2000; Cornelli, 2009). Külső forrásból, élelmiszerekkel is vihetők be antioxidánsok. Ezek közt nagyon sokfajta fenoloidot találunk; pl. flavonokat, antociánokat (Justesen és Knuthsen, 2001; Balogh, 2010; Kun-Nemes, 2022). Azonban ha a gyökök vagy más oxidálószeres hatása hosszan tart, az már károsítja a sejteket. Ez nyilvánul a lipid membránok károsodásában, fehérjék funkcióvesztésében, és az örökítőanyag károsodásában is (Balogh, 2010). E károsodások szerepet játszanak a szövet öregedésében, és egyes betegségek – pl. krónikus gyulladások, inzulinanyagcsere zavarai (Nemes et al. 2015; Kun-Nemes, 2022) – kialakulásában.

Élelmiszereinkben tárolás során nemkívánatos változásokat indítanak el a környezetből eredő oxidálószeres. Ezek sok esetben UV fény hatására, nedves levegőben keletkező ágensek – sok esetben hidroxilgyök és szingulett oxigén – és ezekhez hozzájárulhatnak az élelmiszer egyes enzimejei, pl. lipoxigenázok (Shahidi és Ambigaipalan, 2015) is. Az ezek által megindított reakciók fontos része a lipidek peroxidációja. Ez egy gyökös láncreakció, amelynek során a támadó ágens a lipidekből a zsírsav hosszú szénláncának felszakításával többféle reakcióterméket hoz létre. Ezek a folyamat első lépcsőjében alkil-, és alkilperoxid-gyökök,

amelyek a láncot tovább viszik, majd rekombinációs reakcióik zárják a reakciósort (Shahidi és Ambigaipalan, 2015).

A rekombinációk végtermékei a kiinduló zsiradékokénál rövidebb zsírsav láncot hordozó alkoholok, ketonok, aldehidek (pl. n-nonanál). Ezek egyrészt az érzékszervi értéket rontják (avas szag, íz), másfelől ártalmasak az egészségre (Shahidi és Ambigaipalan, 2015), harmadrészt pedig az élelmiszer egyes proteinjeinek szerkezetét is károsíthatják, ami további minőségromlást okoz. A lipidperoxidáció mellett az oxidatív romlás kiterjed egyes vitaminokra (aszorbinsav, tokoferolok) színyanyagokra (Shahidi és Ambigaipalan, 2015); pl. az erre igen érzékeny fenoloid vegyületcsoportra, az antociánokra is, valamint a kettős kötéseik miatt peroxidációra fogékony karotinoidokra. A lipidperoxidáció megindíthat más gyökös romlási folyamatokat is, ilyen a hemprotein degradációja. Mindezen folyamatokhoz hozzájárul az élelmiszerekben jelenlévő egyes változó vegyértékű ionok – elsősorban Cu(II)/(I), Fe(III)/(II) – katalitikus hatása.

E reakciók ellen a megfelelő tárolási körülmények (pl., száraz, sötét hely, fénytől, levegőtől elzárt edény és/vagy hűtés) mellett, az élelmiszerekhez kisebb koncentrációban (100-1000 mg/kg) hozzáadott antioxidánsokkal lehet védekezni. A fenolos csoportot, csoportokat hordozó hatóanyagok, –mint fahéjsavak és -észterek (rozmaringsav), benzoésavszármazékok (pl. galluszsav), egyes flavonoidok (→3.3.6), egyes diterpének (karnozol) – hatása több ponton gátolhatja a fentebb leírt romlási folyamatokat.

- *Szabad gyökök befogása* –ezzel a lipidperoxidáció vagy más gyökös reakció (mint a hemproteiné) megindulását késleltetik, vagy a láncreakciót megszakítják: láncretörő ágensként működnek. Ez a polifenolok AO hatásának igen fontos része.
- *Szingulett oxigén energiájának átvétele (kioltás, quenching)* ezzel az oxigén reakciókészsége csökken, a peroxidáció megindulása késleltethető.
- *Katalizátor ionok megkötése komplexekben, azaz kelátor hatás.* Ilyen reakciót mutatnak pl. egyes flavonolok vas(III)-ionnal (N. Shen et al. 2022).
- *Más, AO vegyületek reakciótermékének regenerálása,* mint a rutin szinergiája aszorbinsavval, vagy α -tokoferollal lipidperoxidációnál (Nègre-Salvayre et al. 1991).

Egy hatóanyag vagy kivonat AO aktivitásának *in vitro* vizsgálatára egységes standard mérőmódszer jelenleg nincs. Az AO hatás komplexitására tekintettel többféle módszer adott s ajánlott többfélét is alkalmazni (Balogh, 2010; Hegedűs és Stefanovitsné Bányai, 2012b; Nemes et al. 2015; Csepregi et al. 2016).

Mechanizmusuk alapján két nagy csoportba sorolhatjuk a napjainkban alkalmazott mérési módokat, a hidrogénatom-transzfer alapú (HAT) és az elektronátadáson (ET) alapuló mérésekre. Az előbbieket legtöbbször helyben keltett gyököt alkalmaznak, ami egyszerre reakciópartnere egy szubsztrátumnak és a vele versengő antioxidánsnak; a mérés reakciókinetika-alapú. Ezzel szemben az elektronátmeneten alapuló mérések legtöbbször színváltozással járó (fotometriával követhető) reakciót jelentenek, ahol az antioxidáns fogyásával arányosan változik a reakcióelegy színe. (Apak et al. 2007; Balogh, 2010; Nemes et al. 2015). A két csoportba tartozó módszerek, előnyeik és hátrányaik adatgazdag áttekintését adja Balogh (2010), illetve Hegedűs és Stefanovitsné Bányai munkája (2012b). A lómenta jelen vizsgálatainál alkalmazott módszerek közül kettő elektronátadás alapú, ezek a Folin-Ciocalteu-féle összpolicifenoltartalom-meghatározás, illetve a vasredukálóképességi (FRAP-) módszer; egyet pedig, a gyökbefogóképesség mérését difenil-pikrilhidrazillal (DPPH) ET és HAT módszerként is besorolnak. (Balogh, 2010; Nemes et al. 2015). A módszerek elvi alapjai röviden a következők.

A) Összpolicifenol-tartalom (TPC) meghatározása Folin és Ciocalteu szerint:

A módszer egy Mo(VI)/(V) rendszerbeli redoxreakción alapszik. Az ún. Folin-Ciocalteu-reagens hatértékű molibdéniont tartalmaz, ez sárga színű komplexben van jelen. pH 10 fölött a molibdénion reagál a mintával, ötértékűvé redukálódik. Ezt $\lambda=760$ nm körül elnyelési maximum (kék szín) megjelenése jelzi. Mivel ez fenolokkal kvantitatívan végbemegy, alkalmas ezek összességének mennyiségi vizsgálatára, és egy kiválasztott vegyület (általában galluszsav) egyenértékében való kifejezésére. Fenoloidgazdag, vadon termő növények populációinak összehasonlító vizsgálatánál jól adaptálható, a populációk közötti összetételbeli variabilitást (Cserháti, 2012; Patonay et al., 2019; 2020), illetve a fenoloidtermelés szezonális változásait (Varga et al. 2016) jól indikálja. Fontos, hogy a lómenta irodalmában is az egyik leggyakrabban alkalmazott módszer. Karakteres, polaritással (azaz a fenolsavak kivonódásának hatékonyságával) összefüggő eredményt ad különböző oldószerekkel (hexán<diklórometán<metanol) kinyert lómentakivonatok AO tulajdonságainak összehasonlításánál (Iqbal et al, 2013). A módszer hátránya, hogy pl. aszkorbinsav, redukálócukrok, egyes idegen ionok, mint Fe(II), Mn(II), Cu(I) zavarják (Apak et al. 2007; Everette et al. 2010).

B) FRAP-módszer (ferric reducing ability of plasma)

A mérés alapja a vas(III)-ion 2,4,6-s-tripiridil-triazinnal alkotott komplexének redukciója. A központi iont az antioxidánsok elektronátadással redukálják; a reakció közegében (pH~3,2) ez

a szalmaszínű komplex sötétkékre színeződésével ($\lambda=596$ nm-en új elnyelési sáv megjelenése) jár. A módszer előnye (a Folin-Ciocalteu-módszeréhez hasonlóan) az egyszerűen végezhető, nagy mintaszámhoz adaptálható, jól reprodukálható mérés. A lómenta irodalmában nem találkozunk vele, más gyógynövényeknél, pl. orvosi kamilla állományok összehasonlító vizsgálatánál jól alkalmazhatónak bizonyult (Gosztola, 2012), illetve . Hátránya a vas(III)-komplexet tartalmazó reagens érzékenysége redukálóképes szennyeződésekre; illetve, hogy a kávé-és a ferulasav a szokásos 5 perc reakcióidő alatt nem teljesen nem teljesen reagálnak el vele.

C) DPPH-módszer

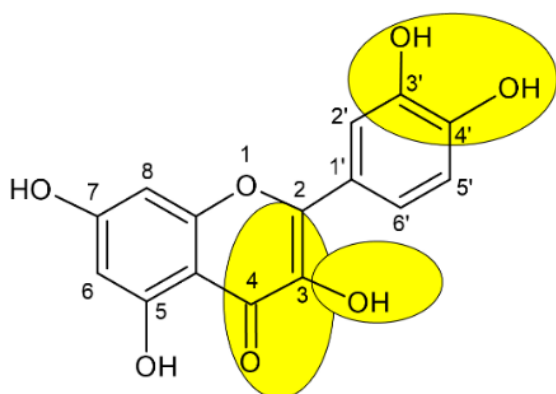
Alapja, hogy a DPPH gyök (ami szabadgyök volta ellenére viszonylag stabil, eltartható poralakú anyag) eredeti állapotában sötétlila oldatában egyes antioxidánsok – mint az aszkorbinsav, fenolsavak, egyes flavonoidok – a gyököt elreagáltatják. Ezt a lila szín ($\lambda = 517$ nm-es elnyelési sáv) fokozatos eltűnése kíséri. Mivel más gyökbefogóképességi módszerekhez képest nagyon kevés előkészítést igényel és nem költséges, fenoloidgazdag növényi anyagokon, méhészeti termékeken gyakran alkalmazzák. A lómenta kivonatai AO aktivitásának vizsgálatánál (a Folin-Ciocalteu-féle mellett) legtöbbször alkalmazott módszer (pl. Güllüce et al. 2007; Hajlaoui et al. 2009; Iqbal et al. 2013). Egy hátránya, hogy az eredménynek nincs egységes mértékegysége. A lómentára közölt adatok többsége a kivonat EC_{50} értéke (effective concentration-50) mg/l vagy $\mu\text{g/ml}$ -ben kifejezve. Ez azt a koncentrációt jelenti, amelyben alkalmazva a minta az adott reakciókörülmények közt (pl. 30 perc szobahőfokon, vö., Damien-Dorman et al. 2003) a gyök kiinduló koncentrációját felére csökkenti. Az EC_{50} érték annál kisebb, minél erősebb antioxidáns hatású a minta.

3.3.4. ROZMARINGSAV ÉS ROKON VEGYÜLETEINEK SZEREPE A LÓMENTA ANTIOXIDÁNS AKTIVITÁSÁBAN

Dudai et al. középértékes korrelációt találtak ($R^2 = 0,38$) a lómenta RA-tartalma és DPPH-val mért gyökbefogóképességi eredményei között.(2006). Sajátosan, itt a kávésav nem korrelált ($R^2 = 0,0119$), noha korábban (2004) más menta taxonok mintáiból álló, 9 db-os halmazon Koşar et al. gyakorlatilag lineáris ($R>0,9$) kapcsolatot találtak ugyane két változó között; illetve maga a kávésav hatékony gyökbefogóként ismert. Grayer et al. (2003) a nepetoidin B-t a galluszsavnál erősebb antioxidánsnak állapította meg DPPH-gyökkel végzett mérés során.

3.3.5. EGYES FLAVONOIDOK POTENCIÁLIS TARTÓSÍTÓ (GYÖKBEFOGÓ ÉS ANTIMIKROBIÁLIS) HATÁSA

Lómenta mintákra nincs adat olyan vizsgálatról, ami flavonoidok koncentrációját állítaná korrelációba a növény gyökbefogó-vagy más AO hatásával. Így flavonoidok szerkezet-aktivitás összefüggéseit, illetve más menták kivonatain megfigyelt koncentráció-AOA korrelációkat kell figyelembe vennünk. Előbbiekre azért is van szükség, mert a növény flavonoidjainak nagy része 7-O-glikozid (egyébként elsősorban rutinozidok, glükózidok, glükuronidok) s ezeknek az AO tulajdonságairól kevesebb mérési adat van (Csepregi et al. 2016), mint flavonoid-3-O-glikozidokéről. A gyökbefogó AO hatást az határozza meg, hogy a támadó gyök befogásakor a flavonoidból keletkező aroxilgyök meddig marad fenn. Minél tovább, annál több eséllyel lép rekombinációba, képessé válva újabb gyök elreagáltatására. Általában (Bors et al. 1990; Rice-Evans et al. 1996; Wen et al. 2014; Csepregi et al. 2016; N. Shen et al. 2022) a következőket rendelték ehhez. 1) szabad –OH C3', C4' helyen (katecholcsoport) 2) szabad –OH C3-on 3) konjugált kötés-rendszer C2-C3-C4-en (enoncsoport); csak az előzőekkel együtt jelentős. Kiegészíti mindezt a szabad –OH C5, C7-en (4. ábra).



4. ábra A gyökbefogó AO aktivitásért felelős csoportok szemléltetése kvercetin szénvázán. Rajz: Patonay K.

Így a faj flavonoidjai közt a luteolin-7-O-glikozidokat a rutinhoz hasonló erős gyökbefogó AO-nak várhatjuk: ugyanazon fő csoportokat (katechol-, enon-,) hordozzák. Ezt támogatja Burda és Oleszek (2001) vizsgálata, ahol a rutin és cinarozid kb. egyforma aktivitású (rendre 90,9 és 87,6 IC%) DPPH-gyök befogásakor. Gyengének várhatók az apigenin, és a luteolin-3'-vagy 4'-metiléterek: katecholcsoportjuk hiányzik, vagy a metoxil blokkolja. A flavanonok közül csak az eriodiktiol származékaitól várható hatás, mert van szabad katecholcsoportjuk; naringenin esetén ez hiányzik, heszperetinnél pedig 4'-metoxil blokkolja. A flavanonoknál az enoncsoport is hiányzik. Az élelmiszeripari felhasználást célozva, figyelembe veendő a egyes fenoloidjainak hatása, élelmiszerpatogének tenyésztésében. A növényből elkülönített apigenin, asztragalin és izokvercitrin öt baktériumfaj (*Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*; *Staphylococcus aureus*;

Escherichia coli (törzsszám nélkül), *Pseudomonas aeruginosa* tenyésztésében mutatott növekedést gátló hatást. A minimális gátló koncentrációik (MIC) 0,03-0,09 µg/ml (Akroum et al, 2009); ez a koncentráció egy tenyésztésben a szaporodást még gátolja (György, 2020a). E flavonoidok szinergisták is, elegyükre MIC = 0,10-0,70 µg/ml (Akroum et al, 2009). Nepetoidin A és B-re *Aspergillus niger* -ben mértek antifungális hatást (Grayer et al. 2003).

3.4. A LÓMENTA ILLÓOLAJ-ÖSSZETEVŐI

A növény illóolaját (itt: hidrodesztillálással kinyert folyékony, lipofil, illékony hatóanyagát) mono-és szeszkviterpén illóanyagok alkotják. Mivel egy illóolaj bioaktivitását – pl. az antibakteriális hatás erősségét (György, 2020b) – érzékszervi tulajdonságait, az összetétel szabja meg. Ugyanígy, egyes fajok illóolajának egyedül terápiai hatásai – mint pl. idegnyugtató (Szendrei és Csupor 2012a), köptető (Szendrei és Csupor 2012b,c), görcsoldó (Szendrei és Csupor 2012c-e) – is összetételfüggőek. Ennélfogva az illóolaj hasznosításának területét (élelmiszer-, háztartásvegyipar, gyógyszerészet), tehát kereskedelmi értékét is (Németh-Zámboriné, 2016b) az összetétel szabja meg. Így ennek vizsgálata a lómenta esetén is igen fontos.

3.4.1. A NÖVÉNY ILLÓ VEGYÜLETEINEK CSOPORTOSÍTÁSA

A lómenta illóolaj-összetétele nemcsak a természet, de a vadontermő menták közt is igen változatosnak számít (Lawrence, 2007b; Németh-Zámboriné, 2016a). Ennek ellenére nincs áttekintő közlemény, ami ezzel a területtel foglalkozna. Így, az adatok jobb rendszerezésére, az összetevőket szerkezetük, anyagcsereútjuk szerint csoportosítottam, átvéve és újabb adatokra kiterjesztve Başer et al. (1999) rendszerét. A fajban, mint erre korábban már utaltam, a genusra jellemző, limonén oxidációs folyamataiból eredő vegyülettípusok mellett olyan utak termékei (cimilvegyületek, tujánvázások) is előfordulnak, amiket csak más nemzetségekből ismerünk (Krause et al. 2021; Zámboriné Németh és Thi Nguyen, 2020). Főösszetevőnek vettük itt az ≥ 5 area%-os vegyületeket, Vining et al., (2005) Moshrefi Araghi et al. (2019) munkájára támaszkodva. A csoportok vegyületeinek képleteit az M2 melléklet tartalmazza.

3.4.2. NYÍLTLÁNCÚ MONOTERPÉNEK

Ha jelen van ilyen vegyület, az jellemzően linalool (28-87%) (Başer et al. 1999; Lawrence, 2007; Mimica-Dukić et al. 2008; Başer et al. 2012;), ritkán linalilacetát (al-Okbi et al. 2015), mircén (Venskutonis, 1996; Kapp, 2015). Geraniol, nérol és származékaik nem jellemzőek: egy adat van geranilacetátról (Lawrence, 2007a). Ritkán dominánsak; limonén-oxo-vegyületeket, 1,8-cineolt kísérik. Jelenlétüket mentaolajokban Maffei et al. (2007) közös háttérre vezetik vissza: geranilpirofoszfátból (GPP) linalool keletkezésére linaloolszintáz által.

3.4.3. LIMONÉN ÉS 2-OXO-SZÁRMAZÉKAI

Legtipikusabb ebből a vegyületsorozatból az S-karvon: aránya felmehet 55-66%-ig (Kokkini és Papageorgiu 1988; Başer et al. 1999, 2012; Younis et al. 2011 stb) és limonén kísérheti (Younis et al. 2011). De megjelenhet fősszetevőként dihidrokarvon (Llorens-Molina et al. 2015), karvilacetát, (Llorens-Molina et al. 2015), dihidrokárveol (Akşit et al. 2013) is.

3.4.4. LIMONÉN-3-OXO-SZÁRMAZÉKOK

A fajban e csoportból a ketonok – pulegon, menton erősen változó arányokban, izomenton (78%-ig [Başer et al, 1999]); piperiton, piperitenon – és epoxidjaik jellemzők. Pulegonból 67-85% is lehet (Sharopov et al. 2012). Az egyes epoxidok is lehetnek jelen 55-85% arányban (Kokkini és Papageorgiu, 1988; Karousou et al. 1998; Güllüce et al. 2007; Moshrefi Araghi et al. 2019). Mentol újabb adatok (Vining et al. 2005; Sharopov et al. 2012; Moshrefi Araghi et al. 2019) szerint előfordulhat, de egyáltalán nem tipikus. Lawrence (2007)] viszont több esetet hoz kb. 1980-2000-ből, ahol ez fősszetevő és aránya kemotípusfüggő. A növény longitint (→3.3.2.1. tartalmazó mintájából *de novo* írták le az 1-kloro-6-hidroximentont vagy *longifont* is (M. S. Ali. et al. 2002).

3.4.5. AZ α -TERPINIL-KATION MÁSA NYAGCSERETERMÉKEI

Leggyakoribb az 1,8-cineol; 7-44% közt kísérhet más (pl. limonén-oxo-, cimil-) vegyületeket. Más α -terpinil-származékok ritkák fősszetevőkként. Ezek: α -terpinil-acetát (Başer et al. 2012, Llorens-Molina et al. 2015; Kapp, 2015); terpineolok (Llorens-Molina et al. 2015), γ -terpinén-származékok, mint timol, karvakrol vagy *para*-cimol (Mimica-Dukić et al. 1993; Hassanzadeh et al. 2011; Akşit et al. 2013; Ćavar Zeljković et al. 2021), tujánvázások, mint pl. a szabinén-hidrát (Vining et al. 2005; Llorens-Molina et al. 2015, Golparvar et al. 2017). Egy iráni természetési kísérlet egy alanyából („G17”) pedig 29% borneolt mutattak ki (Moshrefi Araghi et al. 2019).

3.4.6. EGYÉB CIKLIKUS MONOTERPÉNEK

Egy rózsafurán-oxid (67,3%)-és rózsafurán-alapú, *M. longifolia* var. *asiatica* syn. *M. asiatica* Boriss.,-ként meghatározott minta ismert (Karasawa et al. 1995) és 2 *M. longifolia* var. *chlorodictya* Rech. f., amik p-1-menth-2-en-9-ol-alapúak (37,1% és 62,1%), ezt karvakrol (4-8%) kíséri (Hassanzadeh et al. 2011).

3.4.7. SZESZKVITERPÉNEK

Legtöbbször germakrén D, β -kariofillén és -oxid van jelen, 5-29% (pl. Başer et al. 1999, 2012; Llorens-Molina et al. 2020). „CMEN 592” genotípusból Vining et al. (2005) szokatlan, *transz*-

β -farnezenen (22,4%), limonénen (16%) n-nonánalon (12,7%) és germakrén D-n (7,7%) alapuló illóolajat írtak le.

3.4.8. EGYÉB ÖSSZETEVŐK

Ide tartozik az említett n-nonánál. Emellett, ismeretlen összetevőt mértek egy *M. longifolia* ssp. *longifolia* és hat *M. longifolia* ssp. *typhioides* var. *typhioides* illóolajból 6-35% között; a fajban atipikus izopulegol, izo-izopulegol és-acetátok (össz: 22-85%) mellett. Az ismeretlen vegyület retenciós indexe Innowax FSC (60 m*0.25 mm/0.25 μ m) oszlopon 2209. Fő ionjai, csökkenő intenzitás szerint, m/z 138; 94; 81; 109; 67; 41; 55; 123; 166. (Başer et al. 2012). Ez a 7 illóolaj példa arra is, hogy az összetétel taxonok határaitól függetlenül alkothat intraspecifikus csoportokat.

3.4.9. ANTIMIKROBÁS HATÁS

Az ízesítés mellett egy-egy illóolaj tartósító hatású is lehet. Ezt kifejezheti AO-ként (mint a timolalapú illóolajok, vö.: Nieto, 2020), vagy –sokkal több esetben – antimikrobiális szerként. A lómentára nézve elsősorban nyilván a gyakori limonén-oxo típusokról és vegyületeikről vannak adataink. Güllüce et al. (2007) egy, cisz-piperiton-oxid (18,4%), pulegon (15,5%), piperitenon-epoxid (14,7%), menton (7,9%), izomenton (6,6%), timol (6,6%), karvon (5%) alkotta lómentaolajról megállapították, hogy számos mikrobánál egyenlő vagy kisebb MIC-t ad, mint a kontrollok. Pl.: *Bacillus* spp., *Escherichia coli* A1, *Klebsiella pneumoniae* A137, többféle *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* törzs, *Fusarium* spp., *Candida albicans*, *Aspergillus* spp., *Trichophyton* spp. reagált az illóolajra így. A szerzők ezért ezt tartósítóként ajánlják. Menta-, borsikafűfajokból izolált pulegon, piperiton, piperitenon és –epoxidok vizsgálatai (Oumzil et al. 2002; Tolossa et al. 2007) szintén mutatják a pulegon hatékonyságát. Ehsani et al (2012) kimutatták pulegon/1,8-cineol mentofurán/izopulegon lómentaolaj (150 mg/kg) és *Lactobacillus casei* kultúra kombinált hatását sajtban, (törzsszám nélküli) *Listeria monocytogenes* és *Staphylococcus aureus* ellen. Limonén és 2-oxo-származékai gyenge hatást mutattak (törzsszám nélküli) *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter* spp. tenyésztésében (Oumzil et al. 2002). Másfelől, az S-karvont hatékonynak találták *K. pneumoniae* és *Candida albicans* tenyésztésében (Aggarwal et al. 2002). A szerbiai (Mimica-Dukić et al. 1993) para-címol-timol alapú illóolaj pedig (timolhoz köthető magas AO aktivitása mellett) *Candida albicans*ra és *Aspergillus niger*re antifungális hatású *in vitro*.

3.4.10. A FAJ ILLÓOLAJ-ALAPÚ KEMOTAXONOMIÁJÁNAK KÉRDÉSEI AZ IRODALOMBAN

Három nagyobb tipológiát érdemes említeni e kérdésben: Başer és munkatársai (1999), Mimica-Dukić és munkatársai (2008), illetve Sharopov és munkatársai különböző szempontú rendszereit.

Başer és munkatársai (1999) két lómenta taxon mintáiból írják le az alábbi kemotípusokat. *M. longifolia* ssp. *longifolia*ban (18 minta) ötfélét:

- 1) piperiton-epoxid-izomerekben gazdag
- 2) linalool-vagy linalool-1,8-cineol-alapú
- 3) karvon-, vagy karvon- β -kariofillén alapú
- 4) izomenton-gazdag
- 5) egyéb: egy α -terpinilacetát-alapú és egy terpinen-4-ol-*transz*-szabinén-hidrát-alapú minta.

M. longifolia ssp. *typhoides* var. *typhoides*ben (19 minta) pedig a következő hatot:

- 1) piperiton-epoxid-izomerekben gazdag
- 2) linalool-gazdag
- 3) karvon-alapú
- 4) *transz*-szabinén-hidrátban gazdag
- 5) menton-vagy menton-*transz*-piperiton-oxid-típus
- 6) *transz*-piperiton-epoxid/ β -kariofillén alapú.

Egy másik, a kemotípus fogalmát faj fölött értelmező tipológiát ad Mimica-Dukić et al. (2008), **I-IX**-ig jelölve ezeket. A *M. longifolia* (L.) L ezek közül a következő kemotípusokba került be: **II**, linalool és/vagy linalil-acetát alapú **III**, karvon-, dihidrokarvon-túlsúlyú, **IV**, piperiton-, piperitenon-alapú; **V**, piperiton-oxid, piperitenon-epoxid-alapú; **IX**, menton-, izomenton-, mentolalapú. Ebben a rendszerben az **V** típus csak *M. longifolia* fajt tartalmazza, más menta taxonokat nem. Sajátos módon a szerzők itt nem sorolják be a kutatócsoportjuk által korábban leírt timol/*para*-cimol-típust. (Mimica-Dukić et al. 1993). Végül, Sharopov és munkatársai igen nagy irodalmi anyag áttekintésével a fajon belül 14, egy-egy vegyület nevével meghatározott kemotípust, mint a legfontosabbakat sorolnak fel, általában típusonként 3-8 közlésre támaszkodva. Ezek: piperitenon-epoxid; piperiton-oxidok; piperiton; izopiperitenon; piperitenon; karvon; *transz*-dihidrokarvon; pulegon; menton; isomenton; mentofurán; mentol; 1,8-cineol; borneol. A három tipológiát összevetve, a növényfajban a karvon, pulegon, piperiton, piperitenon és ezek epoxidjai lehetnek leggyakrabban kemotípust meghatározó monoterpének (a linaloolról nem egységes az álláspont).

Új kemotípusokat is írnak le, még az utóbbi években is. Mentofurán-alapú típust ad meg *M. longifolia* ssp. *polyadena* mintáiból Viljoen et al. (2006) Dél-Afrikából. Llorens-Molina et al a spanyolországi Jiloca-medence populációiból egy cisz-szabinén hidrát/terpinen-4-ol, egy α -terpinil-acetát/karvilacetát kemotípust különített el (2015) végül ugyanők egy α -terpinil-acetát-/8-acetoxi-karvotanaceton-típust adnak meg. (Llorens-Molina et al. 2020).

Megállapítható tehát, hogy – a több kemotaxonomiai tanulmány ellenére – ma sincs kielégítően tisztázva a növény kemotípusainak definíciója (tekintve, hogy az illóolaj-összetétel variabilitása háttérben sokféle ok együttesen áll (vö. Németh-Zámboriné, 2016c). Sajnos, több közleményben egy régió sok populációját érintő, egyszeri (pl. Başer et al. 1999, 2012; Moshrefi Araghi et al. 2019) mintából, vagy akár egyetlenegy (Mimica-Dukić et al, 1993) mintavétellel határoznak meg jellemző illóolaj spektrumot, figyelmen kívül hagyva az abiotikus tényezők, fejlődési fázis, morfológiai eltérések okozta variabilitást. Emiatt a közlemények egymással a legtöbb esetben nehezen, vagy nem összehasonlíthatók, vagy akár ellentmondást tükröznek. Az irodalmi háttér elemzése alapján tehát a jól megtervezett, többirányú és részletes kutatás hiánypótlónak látszik az adatok értelmezéséhez.

3.5. TRITERPENOIDOK A LÓMENTÁBAN

A található adatok erről a hatóanyagcsoportról is sporadikusak.

Ertaş és munkatársai (2015) egy pontos koordináták nélküli *M. longifolia* ssp. *noëana* mintában 1350 g-ból 10 g urzolsavat (7408 mg/kg drog). Ezt az alfajt így gazdag urzolsavforrásként ajánlják számontartani; de ez egy tétel vizsgálata nyomán egyáltalán nem bizonyos. Erre mutat D. Shen et al. (2011) eredménye is: ők *M. longifoliának* (nem adják meg, milyen alfajú) mintájában 2570 mg/kg drog urzolsavat mértek; ezt 450 mg/kg oleánolsav kísérte.

A főntebb tárgyalt *M. longifolia* ssp. *noëana* mintából kis mennyiségű uvaol is izoláltak, 5 mg-ot (3,71 mg/kg drog). A szerzők szerint ez volt az uvaol első észlelése a *Mentha* nemzetségből. Emellett β -szitoszterolt, sztigmaszt-5-én-3-ont és sztigmaszt-5-én-3- β -il-formiátot is találtak. Kis mennyiségekről van szó: az 1350 g növényi anyagból az egyes fitoszteroloknak rendre 6, 7 és 9 mg-ját különítették el (4,44; 5,19 és 6,67 mg/kg drog).

A β -szitoszterolnak két addig ismeretlen glikozidját mutatták ki korábban már tárgyalt, longitint és longifont tartalmazó mintájukból M. S. Ali és munkatársai (2002). Az egyik a 3-O- β -D-[6'-(3''-metilbutanoát-) glükopiranozil]- β -szitoszterol, vagy *longizid-A*, 8 kg hajtásból 15 mg-ot elkülönítve (1,875 mg/kg). A másik 3-O- β -D-[6'-(palmitát)- glükopiranozil]- β -szitoszterol vagy *longizid B*; ezt 8 kg hajtásból 13,2 mg (1,65 mg/kg) mennyiségben nyerték ki. A növénynek egy, a kairói egyetem gyógynövénykísérleti állomásán nevelt mintájából Al-Okbi

et al. (2014) is meghatároztak néhány fitoszterolt. A β -szitoszterolon kívül kampeszterolt és sztigmaszterolt találtak. A szterolok mennyiségét a növény el nem szappanosítható anyagának százalékában adják meg. Eredményeik rendre 4,654%, 3,37 és 1,877%; azaz a β -szitoszterol volt jelen – relatíve – legnagyobb mennyiségben. Sajátos módon, de egy szaúd-arábiai termesztett lómenta tétel illóolajának minor összetevőjeként (4,89 area%) adnak meg H.M. Ali et al. (2021) egy, a fitoszterollokkal rokon vegyületet (2-metilén-5- α -kolesztán-3- β -ol). A tárgyalt vegyületek képletét az M3 melléklet (M3.1. pont) mutatja.

3.6. EGYÉB HATÓANYAGOK (SZFINGOLIPIDEK)

Szintén M. S. Ali és munkatársai közleményeiből (2006a, 2006b) tudunk a növény egy tételéből *de novo* kimutatott négy, különböző felépítésű hosszúláncú zsírsavamidról (szfingolipidről). Ezek a a longifoamid A és B, illetve az előbbieket glikozidos, acetilglikozidos származékai, a longifoamid A és B. Hasonló vegyületekről más *Mentha* fajból eddig nem találtam adatot. Ezeknek a fajban való elterjedtségéről, ill. esetleges élettani hatásairól sincs adat. Koncentrációjuk 20 mg/kg alatti volt. A négy új zsírsavamid képlete az M3 mellékletben található (M3.2 pont).

3.7. A LÓMENTA FELHASZNÁLÁSA, ALKALMAZÁSAI

Ahogy a bevezetőben utaltam rá, a növénynek – változatos összetétele és alkalmazkodóképességét mutató nagy elterjedési területe ellenére – semmilyen ipari felhasználása nincs.

Elterjedési területe egyes részeiről vannak adatok fűszerként, élvezeti teaként, népi gyógyászati szerként való, háztartási, esetleg kis léptékű üzemi használatáról (sajtgyártás). Ezek elsősorban Törökország (Başer et al, 1999, 2012), Irán (Moshrefi Araghi et al, 2019), Pakisztán (Tahira et al, 2011) és arab országok: Egyiptom (al-Okbi et al., 2014) , Tunézia (Hajlaoui et al, 2009), Marokkó (Ghoulami et al, 2002), Szaúd-Arábia (Murad et al, 2016) területéről származnak. Törökországban *tüjli náné* ('szőrös menta'), *it nánési* ('ebmenta'), arab országokban *habaq* a növény népi neve (Başer et al, 1999, 2012; Murad et al. 2016).

Fűszerként a török és szomszédos népeknél úgy látható, elsősorban tejtermékekhez adják, mint a török Van Herby sajt (Tunçturk et al, 2011), egy iráni lágysajt és egy szintén iráni *feta*-féle (Ehsani és Mahmoudi 2012; Mahmoudi et al. 2012) . Európából, így Magyarországról, nem találtam adatot a lómenta használatáról fűszerként, a fokföldi területről sem. A lómenta illóolajának Mahmoudi , Ehsani és munkatársaik két közleményében leírt alkalmazása azonban problematikus. Itt lómenta-illóolajat és mellé probiotikus *Lactobacillus*-kultúrákat alkalmaznak, egyfelől – ahogy korábban utaltam rá – a *Staphylococcus aureus* és a

tejtermékekben gyakori kórokozó, a *Listeria monocytogenes* szaporodásának gátlására, másfelől a sajt érzékszervi értékének, ízletességének javítására. Az ezeknél a kísérleteknél alkalmazott lómenta illóolajoknak azonban magas a pulegon-, mentofurántartalma. A fetakészítésnél (100 mg/kg-os nagyságrendben alkalmazott) illóolaj összetétele pl. (Mahmoudi et al. 2012): pulegon 31,5%; 1,8-cineol 15,8%; mentofurán 11,8%; *cisz*-izopulegon 9,7%. A pulegon és a mentofurán is kellemetlen aromát ad, de fontosabb, hogy az előbbi mérgező is; az Európai Unió gyógyszerügynöksége által kiadott szakvélemény szerint hosszútávú fogyasztásukkor reaktív metabolitjaik máj-és tüdőkárosítók (EPA/HMPC/138386/2005 Rev 1). Az EU-ban épp ezért (The European Parliament and Council, 2008) a pulegonra és a mentofuránra határértékek vannak szabva; 20 mg/kg élelmiszerekben általában; 200 mg/kg mentás édességekben és 100 mg/kg rágógumikban. Ezt megfontolva, élelmiszeripari – ízesítő, tartósító – alkalmazásra mindenképpen a növény olyan kemotaxonjait szükséges kiválasztani, amik a pulegontól és mentofurántól mentesek; a növény fentebb ismertetett illóolajösszetételbeli változatossága erre is kínálhat megoldást. Tunçturk et al. (2011) továbbá felhívják a figyelmet a Van Herby sajt készítéséhez vadon gyűjtött lómenta növény ólomszennyezett voltára. Ez ismét egy olyan veszély, ami a növény termesztésbe vonásával kontrollálható.

Népi gyógyászati szerként tekintve, az adatokból azt látni, hogy a lómenta alkalmazási módjai – vizes forrázat általában, de a dél-afrikai *xhosza* népnél tejes forrázat is (Viljoen et al, 2006) – és fő indikációi hasonlóak a fodormentáéhoz. (Başer et al, 1999, 2012; Younis et al, 2004; Viljoen et al, 2006; Papp és Horváth, 2016; Murad et al, 2016): köhögés, hűlés, torokgyulladás; puffadás, bél-, gyomorpanaszok. Magyarországon Augusztin et al. (1948) munkája alapján a II. világháborúra következő években nagy mennyiségben gyűjtött faj volt, de nem tisztán, hanem vízimentával együtt; a szerzők ui. szóvá teszik, hogy a két fajt külön kellene gyűjteni. Jelentősége ezután gyorsan csökkenhetett. A virágzó hajtást napjainkban teafűként kissereli egy észak-magyarországi cég; de a honlapjukon látható indikációhoz nem adnak etnobotanikai hivatkozásokat (Internetes hiv.-6). Magyar nyelvterületen tágabban, a PTE homoródkarácsonfalvai (Erdély) felmérése szerint (Papp és Horváth, 2016) ismerik, de nem jelentős gyógynövény, amit meghűlés elleni teaként használnak. Az adatközlő "a borsmenta fakóbb változata"-ként jellemzi.

A növény gyógyászati alkalmazását célzó állatkísérletes vizsgálatok igazolták RA-ban és luteolin-, apigeninglikozidokban hidroalkoholos kivonatának hepatoprotektív (Mimica-Dukić et al, 1996, 1999) hatását. A kivonat csökkentette a májszövet szén-tetraklorid által kiváltott károsodását, a májsejteket érő oxidatív stresszt. Egy újabb kutatás eredményei 1,8-cineolban

dús lómenta illóolajnak, magának az 1,8-cineolnak és egy meg nem határozott összetételű metanolos kivonat anyagának bélgyulladás csökkentő hatását mutatják; ez az irritábilis bél szindróma (IBS) egy lehetséges gyógymódját jelentheti (Murad et al. 2016).

3.8. A FAJ TERMESZTÉSBE VONÁSÁRA VONATKOZÓ SZAKIRODALMI ADATOK ELEMZÉSE

3.8.1. HÁZTÁJI, KISEBB VAGY ISMERETLEN LÉPTÉKŰ MŰVELÉS

A növényt nagy léptékben tudomásunk szerint nem művelik. Elszórt adataink vannak műveléséről, illetve házasítására tett lépésekről elterjedési területe több pontjáról. Younis et al. (2011) a *M. longifolia* var. *schimperi* syn. ssp. *schimperi* taxonról közlik, hogy Szudánban művelik (*fotán*, *habaq* vagy *náná higazi* néven), és ide Szaúd-Arábiából (ahol szintén művelik) hozták be; de egyik országra vonatkozóan sem adják meg, milyen mennyiségben. Kokkini és Papageorgiou (1988) említi, hogy a *M. longifolia* ssp. *petiolatanak* (ezt a 2007-ben kiadott, illetve az újabb rendszerezés hozzáférhető adatai alapján nem volt eldönthető, melyik taxonnal feleltethetjük meg) vadon termő karvonillatú példányait Görögországban a parasztság kiválogatja, és házi kertjeiben fűszer célra műveli, „dizmosz” néven. Vining et al. (2005) említik a növény művelését Olaszországból, de további adatok nélkül. Ugyancsak ők vizsgálják a lómenta egy fajtájának, a *M. longifolia* 'Velvet'-nek egy mintáját. Ennek szaporítóanyaga oroszországi, de arról, hogy a fajtát hol nemesítették és jegyezték be, eddig nem találtam adatot. Magyarországon egy nagyobb kertészet választékában volt található lómenta, mint élvezeti teát szolgáltató, illetve dísznövény, fajta megjelölése nélkül (Internetes hivatkozás-7)

3.8.2. TERMESZTÉSI KÍSÉRLETEK

Két termesztési kísérletről van adatunk (Dudai et al, 2006; Moshrefi Araghi et al, 2019). Dudai et al. az izraeli Ramat Jisáiban fekvő kísérleti ültetvényen negyven, különböző genetikai eredetű (Izrael 25 különböző pontján gyűjtött) vadontermő lómenta gyökeres sarjaiból nevelt kísérleti növények meg nem határozott fenofázisban vett mintáin vizsgálta, hogy RA-tartalmuk, valamint szabad (MeOH-lal kivonható) és kötött (lúgos feltárással felszabadítható) kávésav-, p-kumársav-tartalmuk genotípustól függően mekkora variabilitást mutat. A korábban ismertetett koncentrációtartományok alapján (3.2.1-2. pont) nagy variabilitást állapítottak meg. A fajt, tapasztalataik alapján, mint az ipar számára (antioxidánsok előállítás) alkalmazható RA-forrást jelölik meg. Moshrefi Araghi és munkatársai (2019) húsz, Irán különböző földrajzi és élőhelytípust jelentő pontjairól származó lómenta genotípus magvaiból nevelt kísérleti növényeket tanulmányoztak. Elsősorban a potenciális gyógyászati alkalmazásokra fókuszálva, RA-tartalmat, illóolaj-tartalmat és –összetételt határoztak meg (virágzó hajtásból); ennek

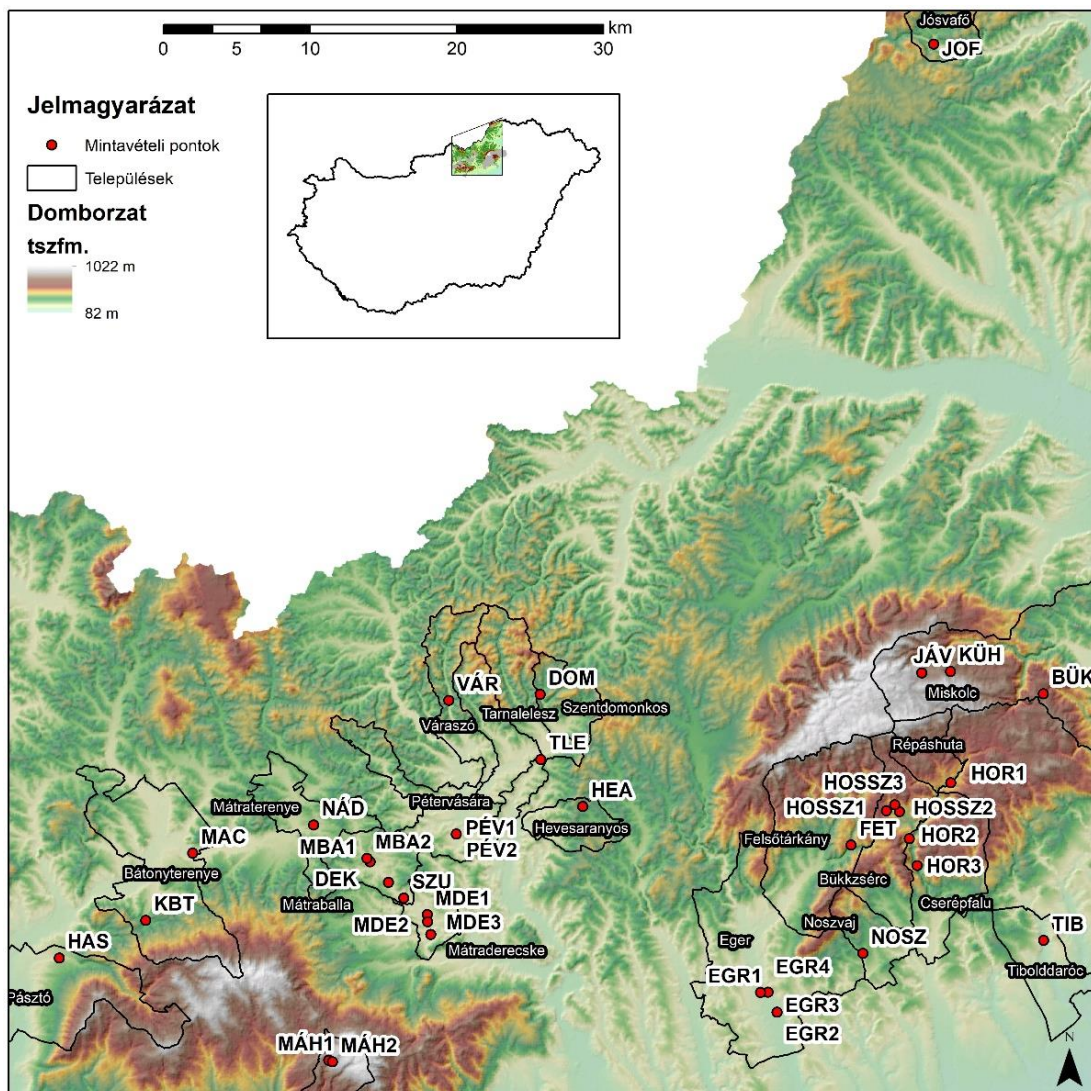
keretében hét (többségében limonén-3-oxo ketonokon, illetve 1,8-cineolon alapuló) kemotípust különítve el a 20 állományban. Ezen kívül morfológiai összehasonlítást is végeztek. Mindkét termesztési kísérlet során csak egy-egy évben végeznek mintavételt és analitikai vizsgálatokat, és csak egy fenofázisban.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. MINTAVÉTEL VADONTERMŐ LÓMENTA POPULÁCIÓKBÓL (2016-2017)

A észak-magyarországi vadontermő állományok kémiai variabilitásának felmérése végett a lómenta (*Mentha longifolia* (L.) L. harminchat populációját mintáztuk a régióban. A mintavétel két, egymást követő évben (2016 és 2017), virágzaskor történt. A mintavétel véletlenszerűen kiválasztott hajtások levágását jelentette, 10 cm-es tarlóval. Egy minta 5-20 hajtásból állt, attól függően, mekkora a populáció.

A mintavételi helyek az 5. ábrán és a 9. táblázatban láthatók. Egy minta (JOF) az Aggteleki-karsztról származik, a többit a Bükk-hg., Eger város, a Heves-borsodi ds. és a Mátra különböző pontjairól gyűjtöttük.



5. ábra A mintavételi pontok térképe. (Készítette: Molják Sándor, EKKE Innorégió Tudásközpont)

4.2. A NÖVÉNYMINTÁK AZONOSÍTÁSA

A vadon termő minták azonosítása makromorfológiai alapon történt, a magyarországi edényes flóra határozója (Simon, 1994) használatával. Az azonosítást a NOSZ mintánál a gyűjtő, Dr. Jana Táborska (EKKE Növényteni és Növényélettani Tanszék) végezte; a JOF, HOR1, HOR2, HOR3, HOSSZ1, HOSSZ2, HOSSZ3, KÜH, JÁV, EGR4 mintáknál szintén a gyűjtő, Dr. Szalontai Helga (EKKE Élelmiszertudományi és Borászati Tudásközpont); a többi minta azonosítását Pénzesné Dr. Kónya Erika (EKKE Növényteni és Növényélettani Tanszék) végezte. Referencia minták az EKKE herbáriumának kemotaxonómiai gyűjteményében (EGR-CH) találhatók.

9. táblázat A vadontermő populációk mintavételi pontjai. (Az azonosító háttérszíne jelöli a gyűjtő személyét.)

Azonosító	Mintavételi hely	Koordináták
JOF	Jósvafő, Dózsa Gy.u.	É 48,483269; K 20,549968
BÜK	Bükkszentkereszt/Kaán Károly-forrás	É 48,083383; K 20,638888
JÁV	Jávorkút	É 48,097635; K 20,528104
KÜH	Kühne Andor út (út széle)	É 48,098210; K 20,554323
HOR1	Hór-völgy/Tebepuszta	É 48,029817; K 20,552683
HOSSZ3	Hosszúvölgy-3 minta	É 48,012667; K 20,505166
HOSSZ2	Hosszúvölgy-2 minta	É 48,016984; K 20,501000
HOSSZ11	Hosszúvölgy-1 minta	É 48,013367; K 20,493202
TIB	Tibolddaróc	É 47,931934; K 20,634509
FET	Felsőtárkány/Barát-rét	É 47,992750; K 20,460452
HOR3	Hór-völgy/Oszlarét	É 47,979290; K 20,520453
HOR2	Hór-völgy/Kisrét	É 47,996033; K 20,513726
NOSZ	Noszvaj Víz-völgy	É 47,926044; K 20,469540
EGR1	Eger/Leányka utca	É 47,903308; K 20,382339
EGR2	Eger/Zúgó utcai híd, szigetzátony az Eger-patakban	É 47,890970; K 20,390122
EGR3	Eger/Eger patak híd építményei, Zúgó u.	É 47,890970; K 20,390122
EGR4	Eger/Eger patak hídja közelében, Zalár u	É 47,903198; K 20,375530
DOM	Szentdomonkos mellett	É 48,088253; K 20,178323
TLE	Tarnalesz	É 48,048387; K 20,177987
HEA	Hevesaranyos	É 48,019062; K 20,215930
VÁR	Váraszói halastó	É 48,085338; K 20,094653
PÉV1	Pétervására külterület-1. minta	É 48,003243; K 20,099971
PÉV2	Pétervására külterület -2. minta	É 48,003243; K 20,099971
MDE1	Mátraderecske, kaszáló a Balla-p. közelében	É 47,954067; K 20,072450
MDE2	Mátraderecske/Nagyvér	É 47,941857; K 20,075533
MDE3	Mátraderecske/ Baláta-és Kovácsói-patakok, híd	É 47,949622; K 20,072554
DEK	Vasúti töltés Dekics-juss vasúti átkelőhelynél	É 47,974139; K 20,037302
SZU	“Szurdok” domb Mátraderecske-Mátraballa közt	É 47,964397; K 20,051301
MBA1	Mátraballa/földút és vasúti sín között	É 47,986900; K 20,021050
MBA2	Mátraballa/Rákóczi út	É 47,989079; K 20,018066
NÁD	Nádújfalu, aut. ford. vízelvezető árok a megállónál	É 48,010023; K 19,969621
MAC	Maconka, víztározó	É 47,993504; K 19,858783
KBT	Bátonyterenye-Dózsatelep (Kisbátony), Szarisznyó-p.	É 47,952612; K 19,815339
HAS	Pásztó-Hasznos, Kövicses-patak	É 47,929983; K 19,736200
MÁH1	Mátraháza-1 minta	É 47,865483; K 19,980816
MÁH2	Mátraháza-2 minta	É 47,864483; K 19,984433

Patonay Katalin (1) (1) EKKE Élelmiszertudományi és Borászati Tudásközpont

Szalontai Helga (1) (2) EKKE Növényteni és Növényélettani Tsz.

Burghardt Natasa (1) (3) egyéni gyűjtő

Rigó István (3)

Jana Táborska (2)

4.3. KÍSÉRLETI ÜLTETVÉNYEK LÉTESÍTÉSE, GONDOZÁSA

A termőhelyi parcellás kísérletekhez öt populációt (Hór-völgy-1: HOR1, Hór-2: HOR2, Eger-3: EGR3, Szentdomonkos: DOM, Kisbátony: KBT) választottunk ki. A kiválasztáshoz elsősorban az első két évben (2016-2017), a természetes állományok mintázása során kapott AO kapacitás adatokat vettük figyelembe, úgy, hogy mind kisebb (EGR3), mind nagyobb (HOR-1, HOR-2), mind stabil (KBT), mind kevésbé stabil AOA értékeket adó (DOM) taxonok legyenek közte. Emellett további szempont volt, hogy egymástól viszonylag távolabbi élőhelyekről (Melléklet M4 a-j) származzanak, illetve elegendő tősarjat tudjunk gyűjteni. Mindezek alapján az 5 telepített populáció jellemzőit a 10. táblázat tartalmazza.

10. táblázat A kiválasztott öt populáció földrajzi eredete és élőhelye.

Azonosító	Élőhely			Rövid jellemzés
	Koordináták		h, m	
HOR1	É 48,029817	K 20,552683	239	Hór-völgy, Tebe-rét: Hór-patak árterében dőszakosan kiszáradó mocsárrét. NP terület.
HOR2	É 47,996033	K 20,513726	233	Hór-völgy, Kis-rét: gyomosodó mezofil kaszálórét, magaskóróssal, gyertyános-tölgyessel, bükkössel érintkezik. NP terület.
EGR3	É 47,890970	K 20,390122	173	Patakpart, ruderalia Eger városban; híd építményei
DOM	É 48,088253	K 20,178323	398	Földút és megművelt tábla között, Szentdomonkos környéke
KBT	É 47,952612	K 19,815339	221	Gyomosodó mezofil rét erdő és patak között. Ruderalis területtel érintkezik. Nitrogénkedvelő gyomnövények társulása.

NP = Bükk Nemzeti Park h= tengerszint fölötti magasság

4.3.1. KÍSÉRLETI ÜLTETVÉNY EGERBEN (EGR termőhely)

A 2018. május 16-án létesített parcella az EKKE botanikus kertjében fekszik (É 47,906834; K 20,388122). A meteorológiai adatokat (napi minimum-, átlag-és csúcshőmérséklet, napsütéses órák, csapadék) 2018-2020. évekből az OMSZ szolgáltatta. Az állomás azonosítója, helye: *Nő.*: 53215, Eger-Tanárképző Főiskola, É 47.903889°; K 20,388889; 225,2 m tszf.

A rotációs kapával fellazított talajba az öt taxont öt, egyenként kb. 5 m hosszú sorba, egymástól 1 m távolságra helyeztük el. A gyökeres sarjhajtásokat kettesével, kb. 20 cm tőtávolságra ültettük. Kiegészítő tápanyag-utánpótlást egyik évben sem kaptak. Vízellátás: ha 7 napon keresztül csapadék nem volt, kb. 20 mm-nek megfelelő mennyiségű vízzel öntöztünk. Hetente kézi gyomirtást végeztünk. Minden termőév (2018-2020) május-júniusban szükség volt növényvédelemre, levéltetű kártétele és 2018-ban egy meg nem határozott rovar hámozgatása miatt. Ezt acetamiprid (Mospilan, Sumi Agro, Japán) 20 m/m%-os granulátuma 650 mg/l oldatának kézi kiszórásával végeztük. Az ültetvény képe a 6. ábrán látható.



6. ábra EGR ültetvény, 2019 június. Balról jobbra DOM, EGR3, HOR2, HOR1 és KBT sor. Fotó: Patonay

4.3.2. KÍSÉRLETI ÜLTETVÉNY BUDAPESTEN (SOROKSÁR – SOR termőhely)

Az ültetvény anyagát a lómentának az egri termőhelyen fölszaporodott állományai adták. Ezekből 2019. 04. 23-án kb. 30-30 db, 20-30 cm magas gyökeres hajtást szedtünk, s ezeket a MATE Kertészettudományi Intézet Kísérleti Üzeme és Tangazdaságában ültették el. Az ültetvény elrendezése, ápolása és mintázása az egri parcellákéval azonos.

Talajának jellemzőit a 11. táblázatban adtuk meg. Az egrihez hasonlóan gyengén lúgos, de kevésbé kötött, jobb vízelvezetésű, kisebb nitrogén-és foszfortartalmú, szulfátgazdagabb, és egyes fémionokban – Mn(II), Mg(II) – sokkal szegényebb. A talajvizsgálatokat mindkét helyszín mintáiból a MATE kaposvári laboratóriuma végezte. Meteorológiai adatok – napi minimum, átlag-, maximum léghőmérséklet, talajhőmérséklet, csapadék – felvétele is folyt.

11. táblázat A két termőhely talajának adatai

Paraméter	EGR termőhely	SOR termőhely
Talajtípus	Nehéz agyag	Homokos agyag
KA , ml víz/100 g	44,00	25,00
pH(H₂O)	7,97	7,82
Humusz m/m%	2,84	2,08
NO₂⁻+NO₃⁻—N mg/kg	12,64	6,93
P₂O₅ mg/kg	678,10	412,90
K₂O mg/kg	439,50	412,90
Na⁺ mg/kg	21,12	32,17
Cu²⁺ mg/kg	3,12	2,31
Mg²⁺ mg/kg	211,90	131,80
Mn²⁺ mg/kg	132,00	25,64
Zn²⁺ mg/kg	5,45	4,09
SO₄²⁻ mg/kg	39,50	55,70
CaCO₃ m/m%	0,34	0,32

4.3.3. KÍSÉRLETI TERMESZTÉSBEN LÉVŐ LÓMENTA MINTÁZÁSA (2018-20)

A két ültetvény reprezentatív mintázását végeztük el a 2018-2020 (EGR) illetve a 2019-2020 (SOR) években. A mintavételt évente ötször, a következő fázisok idején végeztük:

- **L1** – Tavaszi vegetatív
- **VK** – Zöldbimbós
- **V** – Virágzó
- **T** – Termésérlelő
- **L2** – Újrasarjadzásból eredő (őszi) vegetatív

A T hajtások mintázása után a sorokat kb. 5 cm-es tarló visszahagyásával vágtuk; az ebből sarjadó leveles hajtás adta L2 anyagát.

A minták teljes neve így a továbbiakban klón_fenofázis_év_hely_ módon épül fel, pl. HOR2_L1_2019_EGR. A mintavételi időpontokat a 12. táblázat mutatja

12. táblázat Mintavételi időpontok a kísérleti ültetvényeken, 2018-2020

Év	2018		2019		2020	
	EGR	SOR	EGR	SOR	EGR	SOR
KBT L1	06 18	(Nincs mintázás, az ültetvény 2019-ben létesült)	05 27	05 27	06 03	05 18
KBT VK	07 13		06 24	06 18	06 18	06 08
KBT V	07 31		07 05	07 02	07 08	06 25
KBT T	09 04		08 16	07 12	08 03	07 10
KBT L2	10 31		09 16	09 03	09 15	08 29
HOR1 L1	06 18		05 27	05 27	06 03	05 18
HOR1 VK	06 28		06 14	06 18	06 18	06 05
HOR1 V	07 10		06 30	07 02	07 08	06 25
HOR1 T	08 15		07 22	07 12	08 03	07 10
HOR1 L2	10 31		09 16	09 03	09 15	08 29
HOR2 L1	06 18		05 26	05 27	06 03	05 18
HOR2 VK	07 03		06 17	06 18	06 23	06 08
HOR2 V	07 23		06 30	07 02	07 10	06 25
HOR2 T	08 15		08 16	07 12	08 13	07 10
HOR2 L2	10 31		09 16	09 03	09 15	08 29
EGR3 L1	06 18		05 27	05 27	06 03	05 18
EGR3 VK	07 05		06 28	06 25	06 23	06 19
EGR3 V	07 23		07 22	07 02	07 15	07 02
EGR3 T	09 04		08 16	07 12	08 13	(Nincs mintázás)
EGR3 L2	10 31		09 16	09 03	09 15	08 29
DOM L1	06 18		05 26	05 27	06 03	05 18
DOM VK	06 28		06 17	06 25	06 23	(Nincs mintázás)
DOM V	07 28		07 05	07 02	07 10	06 25
DOM T	08 15		08 16	07 12	08 13	07 10
DOM L2	10 31		09 16	09 03	09 15	08 29

4.4. A MINTÁK ELŐKÉSZÍTÉSE KIVONATOLÁSRA, ILLÓOLAJ-KINYERÉSRE

A betakarított hajtásokat – vadontermő és termesztett állományokban egyformán – 21 napig szárítottuk szobahőmérsékleten, a leveleket és a virágzatokat a szárról lefosztottuk, majd a drogot műanyagtasakban -18°C-on, illóolajkinyerésre szánt részét pedig szobahőmérsékleten, papírtasakban tartottuk a felhasználásig. Extrakcióra és lepárlásra előkészített, tasakolásra váró V mintát mutat a 7. ábra.



7. ábra Virágzó hajtás minta kémiai vizsgálatokra előkészítve, 2019 július. Fotó: Keresztes Gabriella

4.5. OLDÓSZERES EXTRAKCIÓ

4.5.1. AZ OLDÓSZER MEGVÁLASZTÁSA

A növényből magas polifenoltartalmú kivonatok készítésére poláros oldószerek alkalmasak (Iqbal et al. 2013). Ezek közül leggyakrabban a metanolt alkalmazzák a faj irodalmában (pl. Bourwieg és Pohl 1973, Dudai et al. 2006, Güllüce et al. 2007, Iqbal et al. 2013, Murad et al. 2016, Mosrefi Araghi et al. 2019, Mosrefi Araghi et al. 2021); bár az élelmiszeriparban használata határértékhez kötött (The European Parliament and Council 2009; 2010a).

A vadontermő minták vizsgálatánál ezért ez (rövidítve: MeOH) volt az egyik oldószer: referenciaként alkalmaztuk az irodalommal való jobb összehasonlítás végett. A másik, itt alkalmazott oldószer a vadontermő minták vizsgálatánál a 7:3 arányú etanol:víz elegy (továbbiakban WA). Korábbi tapasztalataink (Patonay et al. 2017) szerint ez hatékonyságában egyenrangú vagy erősebb a MeOH-nál. A faj irodalmában ritkábban említik (Stanislavljević et al. 2012, Benedec et al. 2013).

4.5.2. EXTRAKCIÓ

A 2016. évi 36 db-os vadontermő mintasorból a fenti két oldószerrel végeztünk háromfokozatú Soxhlet-extrakciót és háromfokozatú (1,5 h/fokozat) ultrahangos kivonást, hűtött, 45 kHz-es UH fürdőben. A kétféle extrakció eszközeit, elrendezését az M5 Melléklet mutatja. Így a 36 növényi mintából négy-négy különböző kivonat állt rendelkezésünkre.

4.6. ILLÓOLAJ-ELŐÁLLÍTÁS (HIDRODESZTILLÁLÁS)

A kísérleti természetű virágzó (V) mintáiból végeztünk ilyen vizsgálatot, illetve illóolajösszetétel-elemzést (→4.9.) a vadon termő mintákból nem. Az illóolaj kinyerését a MATE Gyógy-és Aromanövények Tanszékén végezték, a Magyar Gyógyszerkönyv VII. kiadása előírásainak megfelelő Clevenger-apparátussal. A növény gravimetriás illóolajtartalom-meghatározását EGR mintáinál 3, SOR mintáinál 2 ismétlésben végezték, egyenként 25-35 g drogból, amelynek szárazanyagtartalma, 3 órán át 105 °C-on végzett hevítés alapján 92,13 és 95,95% közt volt 2019-ben és 91,63-93,77% közt 2020-ban. Az eredményeket ml illóolaj/100 g drog mértékegységben adjuk meg. Az illóolajtartalom-és összetétel-adatokat a két ültetvény 2019-es és 2020-as éveiből adjuk meg, összehasonlító értékelésüket végezzük (→5.2. fejezet).

4.7. AZ ÖSSZPOLIFENOL-TARTALOM ÉS ANTIOXIDÁNS AKTIVITÁS MÉRÉSEI

4.7.1. ÖSSZPOLIFENOL-TARTALOM (TPC)

A mérés Waterhouse (2003) elemzésmenetén alapszik, de az eredeti leíraton módosítottunk a rövidebb reakcióidő érdekében, így adaptálva a módszert nagy mintasorozatokhoz (Patonay et al, 2019). A kiértékeléshez a 765 ±1 nm-en keletkező elnyelési maximumot használtam. Kalibráláshoz 0-250 mg/l vizes galluszsav-oldatokat használtam. A mérések két ismétlésben történtek, az eredményeket mg galluszsav-egyenérték (GAE)/kg drog egységben megadva.

4.7.2. GYÖKBEFOGÓKÉPESSÉG MÉRÉSE DIFENIL-PIKRILHIDRAZIL (DPPH) GYÖKKEL

A lómentakivonatok EC₅₀ koncentrációját határoztuk meg 0,1 mM DPPH-oldatra (96% etanolban oldva), szobahőmérsékleten, 30 perc reakcióidőben, normál megvilágítás mellett. (Patonay et al, 2019). A pozitív kontrollok 3,5-di-*terc*-butil-4-hidroxi-toluol (butilhidroxitoluol, BHT), rutin, RA és 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametil-kromán-2-karbonsav (trolox) voltak. Minden mérést két ismétlésben végeztem, az 517 nm-en mérhető maximum alapján, az eredményeket mg/l EC₅₀-ként megadva.

4.7.3. ANTIOXIDÁNS KAPACITÁS MEGHATÁROZÁSA FRAP MÓDSZERREL

A mérést Benzie és Strain közleménye (1996) alapján, módosításokkal (Patonay et al, 2019) végeztük. A kalibrációt frissen készült vizes aszkorbinsav-oldatokkal (0-20 mg/l) végeztem. A méréseket három ismétlésben végeztem el. A FRAP-reagens szennyeződésekre való érzékenysége tekintettel, minden szükséges oldatot kétszer ioncserélt vízzel (R=18 MΩ, helyben) készítettem.

4.8. A KIVONATOK POLIFENOL-ÖSSZETÉTELÉNEK VIZSGÁLATA FOLYADÉKKROMATOGRÁFIÁS (HPLC) MÓDSZEREKKEL

4.8.1. A VADON TERMŐ MINTÁK ANALÍZISE

Első közelítésben olyan módszer kifejlesztése volt cél a kivonatokra, ami kis időigényű (<60 perc/futtatás) a nagy mintaszám miatt. Az ehhez használt *készülék* Agilent 1200 Series, automata injektorral (G1329A) bináris szivattyúval (G1312A), termosztáttal (G1316A), diódasoros detektorral (G1315D). A használatos *oszlop* 250*4,6 mm ACE C₁₈ szemcseméret 5µm, DAD *Eluensek* 5 V/V% vizes ecetsav (A), illetve acetonitril (B); 1 ml/perc térfogatárammal gradiens elúcióban futtattunk, *injektálás* a hígítatlan kivonatból 10 µl.

Az azonosítás alapja standardeből felvett retenciós idő ill. UV-VIS színekép. A vizsgált standardokat (apigenin, apigetrin, cinarozid, diozmetin, diozmin, heszperetin, heszperidin, izokvercitrin, kávéssav, klorogénsav, kvercetin, luteolin, naringenin, narirutin, rozmarinsav, rutin, vicenin-2) a Sigma-Aldrich-től szereztük be. Ezt a készletet a későbbiekben (→ 4.8.2., 4.8.3. pont) kiegészítettük lonicerin (Carbosynth, Egy. Kir.) és eriocitrin (Sigma-Aldrich, EU) standardjával. A gradiensprogramot a 13. táblázat tartalmazza. Minden minta mérése három ismétlésben történt.

13. táblázat A vadontermő mintáknál alkalmazott gradiensprogram

t, min	B, V/V%
0	5
5	5
8	20
11	20
13	25
16	30
22,5	25
24,5	25
30	50
32	95
34	5
37	5

4.8.2. ISMERETLEN „A” és „B” TÖMEG ÉS - UV-SPEKTRUMÁNAK MEGHATÁROZÁSA

Mivel az első HPLC-DAD módszerrel kapott kromatogramokban – valamennyi mintában – két intenzív, egy standarddel sem egyező csúcs (Ismeretlen „A” és „B”) jelent meg, a 2016-os mintasor 10 db WA UH mintáján HPLC-DAD-MS további elemzést végeztünk. Itt az alkalmazott összeállítás a következő. Készülék: Shimadzu LCMS-2010EV, oszlop: ACE Excel 3 C₁₈, 250x3,0 mm, d= 3 µm; termosztálva 40°C-ra. Pumpa: LC-20AB; DAD: SPD_M20A, 200-400 nm. Az alkalmazott eluensek itt: ecetsav vizes oldata 0,1 V/V% (A), acetonitril (B), 0,5 ml/perc. A gradiensprogramot a 14. táblázat mutatja. A mérésnél az [M-H]⁻ ionokat vizsgáltuk. Kiviláglott, hogy a rutin retenciós idejénél érkező Ismeretlen „A” két flavonoid koelúciójából származott, amiket a továbbiakban szükséges szétválasztani. Ismeretlen B csúcsa viszont egységes, meg nem határozott vegyülettől származik.

14. táblázat A HPLC-MS méréseknél használt gradiensprogram (készítette: Lovas Miklós)

t, min	B, V/V%
5	5
8	20
11	20
22,5	25
24,5	25
30	50
32	95
34	95
34,5	5
40	5

4.8.3. A KÍSÉRLETI TERMESZTÉS MINTÁINAK ANALÍZISE

A vizsgálatokban a készülék, pompa, termosztát, detektor ugyanaz, mint a 4.8.1. pontban. Az 5 mikronos hagyományos töltet helyett viszont 2,7 µm-es szemcsézetű, héjszerkezetű C₁₈ töltetet használtunk: Poroshell EC-120, 150 mm*4,6 mm (előtét: 5 mm*4,6 mm, 2,7µm). Ezen kívül változtattunk az eluensek összetételén. A: foszfátpuffer, (KH₂PO₄ 340 mg/l, Na₂HPO₄ 895 mg/l) ortofoszforsavval pH 2,4-re állítva. B: 70% gradient grade acetonitril és 30% A elegye. Az eluens térfogatárama 1,3 ml/perc, az injektált minta 5 µl (hígítatlan), a kolonnatér 45°C-os. A gradiensprogramot a 15. táblázat mutatja. A felvétel hullámhosszai közül a vadontermő mintáknál rögzített 272 (flávanonok), 300 (minden vizsgált vegyülettípus), 324 (kaffeoilszármazékok), 346 (flavonok, kaempferolszármazékok) 365 (kvercetin származékok) nm helyett 282, 300, 324, 346 nm-t használtunk. 282 közelebb esik a mentában jelenlévő

flávanonok maximumához, 365 nm-t kiiktattuk, mert kvercetinszármazékok nem, vagy – a kísérleti természeténél – csak elszórtan jeleznek.

15. táblázat A javított HPLC-DAD módszer gradiensprogramja

t, min	B, V/V%
0,0	12
2,0	12
7,5	20
22,5	20
30,0	30
30,5	35
42,0	35
45,0	40
45,2	12
50,0	12

4.9. AZ ILLÓOLAJ-ÖSSZETÉTEL MEGHATÁROZÁSA

A GC vizsgálatokat a MATE Gyógy-és Aromanövény Tanszékén végezték (dr. Radácsi Péter), minden mintából 3 ismétlésben. *Készülék:* Agilent GC 6890, 30 m × 0,25 mm-es, 0.25 µm filmvastagságú HP-5MS kapilláriskolonnával, Agilent Technologies 7683B injektorral és Agilent 5975 inert tömegdetektorral (250 °C). *Vivőgáz:* He, 1 ml/min. Injektálás: *n*-hexánban 1% V/V-ra oldott illóolajból 0,2 µl, splitless, 230 °C. *Hőmérsékletprogram:* 60 °C-ról indul, 3 °C/min ütemben fűtve fel 240 °C-ig. MS mérési körülmények: Ionizációs energia 70 eV, spektrumfelvétel full scan módban, az összetevők azonosítására felhasznált összesionáram-kromatogramok felvétele végett. Ezek értékeléséhez három forrást használtunk: nyilvános tömegspektroszkópiai adatbázisokat (Adams , 2017; Steiner et al. 2011); *n*-hexánban 1% V/V-ra oldott C9-C23 *n*-alkán standardkeverékkel felvett lineáris retenciós indexeket (LRI) (van den Dool és Kratz, 1963, Bicchí et al. 2018); illetve a mérésekkel azonos körülmények között készült saját standard-spektrumkönyvtárt. *A standardek:* borneol, *para*-cimol, 1,8-cineol, citronellol, citronellil-acetát, *cisz*-dihidrokarveol, β-elemén, eugenol, geranial/citral A, α-humulén, izomenton, kámfén, β-kariofillén, kariofillén-oxid, karvakrol, *transz*-kárveol, karvon, linalool, limonén, mentol, menton, β-mircén, 3-oktanol, α-pinén, β-pinén, piperiton, pulegon, szabinén, α-terpinén, γ-terpinén, terpinen-4-ol (Sigma-Aldrich [EU]).

Az illóolajok összetételét area%-ban adjuk meg, major összetevőnek tekintve azokat a vegyületeket, amik 5% vagy magasabb koncentrációban vannak jelen, irodalmi forrásokra (Llórens-Molina et al. 2015; Başer et al. 1999) támaszkodva. A későbbi statisztikai vizsgálatok végett 0 area%-kal adtuk meg a nem kimutatható összetevőket. A HOR1 menta 2019. évi soroksári mintájának (HOR1_2019_SOR) analíziseredménye technikai okok miatt hiányzik.

4. 10. A MÉRÉSEREDMÉNYEK STATISZTIKAI VIZSGÁLATAI

4. 10.1. STATISZTIKAI VIZSGÁLATOK A VADONTERMŐ MINTÁK EREDMÉNYEIN

A statisztikai értékelés ezeknél (2016 évi gyűjtés) elsősorban a négy-négy kivonat szignifikáns különbségeinek vizsgálatát, illetve korrelációs számításokat jelentett. A vizsgálatokhoz SPSS 16.0 és MS Excel 2013 programokat használtam. Cél volt az AO szempontból leghatékonyabb kivonatóló módszer kijelölése a következő mintasorokhoz. Az erre alkalmazott módszereket, a Welch-és a t-próbát egy korábbi munkánk (Patonay et al. 2019) részletesebben ismerteti

4. 10.2. STATISZTIKAI VIZSGÁLATOK A TELEPÍTETT ÁLLOMÁNYOK ANTIOXIDÁNS TULAJDONSÁGAIHOZ, POLIFENOL-ÖSSZETÉTELÉHEZ KAPCSOLÓDÓAN

Ezeket a vizsgálatokat SPSS 22 és MS Excel 2016 programokkal végeztem. A klónok polifenol-összetétele közötti különbségek kimutatásának módszerei a következők: Mivel az összetételi adatok a normalitástesztek szerint nem Gauss-eloszlásúak, varianciaanalízis céljából Kruskal-Wallis-próbát végeztem. A próba az SPSS 20-as vagy magasabb verziójában magában foglal Dunn-féle post hoc tesztet (statstutor 1). A próba szignifikáns, ha $p < 0,05$, Korrelációs számításokhoz Spearman-féle módszert használtam.

Az AO szempontból optimális fenofázis kiválasztásához egy rangszám alapú számítást használtam. Az AO értékeket és TPC-t 5-től (adott klón és év mintáiból egy helyen a legerősebb aktivitás/maximális polifenoltartalom) 1-ig (minimumok) pontoztam. Hasonlóan, a három vegyület koncentrációját az egyes mintákban 1-5 közt pontoztam. Egy-egy mintának e hat paraméteren kapott pontjait összeadva, **az optimum a legmagasabb pontszámú minta az adott klón adott évjáratából**. Ha egy klón egy évjáratán belül két fenofázis mintája közt adott paraméterben nem volt 5%-nál nagyobb különbség, akkor azokat egyenlőnek tekintettem, azonos pontszámmal. Mindig a szélsőértékek pontozásával kezdtem (1 és 5). Ha egy adatsorban csak két érték van, ott csak e két pontszámot adtam (5, 1, 5, 1, 1). A köztes pontokat az alapján adtam meg, hogy a méréseredmény a minimumhoz vagy a maximumhoz áll-e közelebb.

4. 10.3. STATISZTIKAI VIZSGÁLATOK AZ ILLÓOLAJTARTALOMMAL, - ÖSSZETÉTELLEL KAPCSOLATOSAN

Az illóolajtartalom adatsorai eltérésének szignifikáns voltát Wilcoxon-próbával vizsgáltuk, ezek nem gaussi eloszlása miatt. A próba szignifikáns, ha $p < 0,05$. Az illóolajok kemotípusba sorolásánál a következő a szempont (Németh és Tarján, 1993): Kemotípust azok a major összetevők határozzák meg, amiknek koncentrációviszonyai örökletesek. Az örökletességet mutatja, ha külső hatásoktól függetlenül van jelen egy vegyület kevéssé ingadozó

koncentrációval. Ezt (klónonként) a 2 termőhely*2 év mintáiban mért koncentrációjuk CV-a alaján ítélt meg: ha a CV szerint a komponens homogén vagy igen homogén, az helyi és évjárat szempontból is stabil koncentrációt, azaz valószínűsíthetően örökletes viszonyokat jelez. Igen homogén $CV \leq 10\%$, homogén $10 < CV \leq 20\%$, heterogén $20 < CV$, igen heterogén $CV > 50\%$. A vizsgálatok legtöbbjét szintén SPSS 22 és MS Excel 2016 programokkal végeztem, kivéve a PCA-vizsgálatot: itt a Statistica program próbaverzióját használtuk.

5. EREDMÉNYEK ÉS MEGBESZÉLÉSÜK

5.1. ÖSSZPOLIFENOL-TARTALOM ÉS ANTIOXIDÁNS TULAJDONSÁGOK A VIZSGÁLT TERMÉSZETES POPULÁCIÓKBAN

5.1.1. ÖSSZPOLIFENOL-TARTALOM ÉS ANTIOXIDÁNS AKTIVITÁS

5.1.1.1. Az összpolicifanol-tartalom és az antioxidáns aktivitás a vizsgált mintákban

Összpolicifanol-tartalom (TPC) A 36 populáció mintáinak négyfajta (kivonatából számítható TPC-kat a 16. táblázat mutatja. Ezek egy kivétellel belesznek a 10 000 (Motamed és Naghibi, 2010)-90 000 mg (Hajlaoui et al. 2009) GAE/kg drog intervallumba, amit a lómenta irodalmából meghatározhatunk. A négy kivonatsorozat összességének szélsőértékeit az EGR3 MeOH Soxhlet (6295 mg GAE/kg) és a TLE WA Soxhlet (87024 mg GAE/kg) adta.

16. táblázat A négy kivonattípusból számítható összpolicifanol-tartalom

Minta	TPC mg GAE/kg drog							
	MeOH Soxhlet		MeOH UH		WA Soxhlet		WA UH	
	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD
JOF	24855	324	25113	142	57052	1922	56545	4809
BÜK	37946	262	54622	929	52153	4037	45878	993
KÜH	40208	786	55202	3440	51808	1457	47522	1589
JÁV	45849	292	57690	185	68380	3194	56758	1169
HOR1	42229	641	39729	35	61566	783	50052	3180
HOSSZ3	42459	3640	42848	2657	43884	299	47011	1273
HOSSZ2	31718	495	42405	529	48575	2994	55231	272
HOSSZ1	23336	976	36695	151	38271	2461	50754	316
TIB	23565	1093	37733	552	38334	1051	34526	1282
FET	12087	148	30997	433	28118	223	36490	196
HOR2	41966	530	63623	1982	62750	875	58278	940
HOR3	35478	1825	59009	5577	55289	2809	43375	2268
NOSZ	40964	1572	53433	2686	47206	3659	48206	532
EGR1	21162	263	45335	646	47297	2830	54919	2096
EGR2	17274	207	30425	2097	32527	1601	50651	298
EGR3	6295	120	7105	398	18381	611	23390	605
EGR4	44170	662	52720	3006	39762	2528	46238	724
DOM	47798	1300	67952	3720	58337	752	59711	1726
TLE	32957	1943	60325	669	87024	2039	67910	2570
HEA	41072	3532	51458	2549	46723	2072	52614	3267
VÁR	28209	716	39614	780	65165	2263	41006	1352
PÉV1	26163	2143	53770	883	83407	185	63175	2439
PÉV2	34197	1355	58047	2166	57371	746	55650	531
MDE1	43907	2675	50477	1684	42580	1708	55485	2058
MDE2	42887	2143	31809	1279	58663	2581	58499	1155
MDE3	36277	422	57615	2955	49929	2608	40464	1483
DEK	26318	1385	24863	339	35587	540	60039	1896
SZU	35268	107	55330	2207	69452	468	63190	1069
MBA1	39771	161	41595	1402	61280	3172	56108	123
MBA2	49033	312	49705	2115	65650	2100	67640	267
NÁD	39040	118	66923	3023	69255	1250	60820	1626
MAC	23272	1743	45064	1745	37666	0	47893	2952
KBT	34430	1267	31872	550	27634	1366	42506	260
HAS	17772	995	59107	2088	56118	673	65504	1769
MÁH1	29425	1818	44063	445	61254	2166	37191	3846
MÁH2	37791	1212	44666	3024	58412	2129	47738	2516
Minimum	6295		7105		18381		23390	
Q1	25836		39143		41875		46148	
Medián	35373		47520		53721		51684	
Q3	41295		55901		61351		58333	
Maximum	49033		67952		87024		67910	

Gyökbefogó képesség Az adatokat, és a kontrollokét (átlag, SD) a 17.táblázat mutatja. Egy sem volt erősebb a BHT-nál ($EC_{50}=87,4$ mg/l). A hasonló reakciókörülmények közt (30 perc, 0,1 mM DPPH), kilenc menta taxon 1-1 vizeskivonat-mintáján végzett mérés (Damien-Dorman et al. 2003) 150-350 mg/l EC_{50} intervallumot állapít meg, BHT $EC_{50} \approx 85$ mg/l mellett. Mintáink közt 150 mg/l-nél kisebb EC_{50} értékű nincs. $EC_{50} < 350$ mg/l-t kizárólag WA kivonatokból kaptunk. A négy kivonatsorozatban a legerősebb AO tétel a DOM WA Soxhlet (169 mg/l) legrosszabb az EGR3 MeOH Soxhlet (3183 mg/l). A gyökbefogóképesség szoros, szignifikáns kapcsolatban áll az összpolicenol-tartalommal. Kivonattípustól függően $-0,8585 < R < -0,7631$; $p < 0,001$ mind a négy módszerrel.

17. táblázat A négy kivonattípus gyökbefogóképességi (EC_{50}) adatai

Minta	DPPH EC_{50} mg/l kivonat							
	MeOH Soxhlet		MeOH UH		WA Soxhlet		WA UH	
	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD
JOF	862	40	909	0	338	13	338	13
BÜK	611	60	520	2	425	7	392	6
KÜH	573	12	443	2	362	2	373	1
JÁV	426	2	457	2	306	2	273	5
HOR1	479	24	520	7	304	8	359	3
HOSSZ3	504	23	705	49	425	2	397	1
HOSSZ2	767	4	569	11	437	0	368	3
HOSSZ1	636	10	696	58	589	44	343	7
TIB	670	4	460	8	525	5	364	5
FET	1513	30	539	4	935	89	491	9
HOR2	471	9	389	2	323	11	407	2
HOR3	556	32	292	5	346	5	308	18
NOSZ	607	11	351	1	464	17	336	2
EGR1	963	2	612	49	501	13	368	1
EGR2	1613	36	610	10	541	30	330	4
EGR3	3183	48	1736	130	983	31	806	9
EGR4	460	3	442	7	449	15	369	9
DOM	386	4	313	7	169	2	263	4
TLE	520	5	342	6	211	2	336	2
HEA	449	2	357	19	335	14	263	4
VÁR	642	42	427	4	272	1	364	5
PÉV1	623	6	508	7	250	5	341	13
PÉV2	505	1	377	7	392	22	339	18
MDE1	353	12	486	18	397	3	356	1
MDE2	374	2	648	30	380	24	316	2
MDE3	688	3	517	35	435	15	417	5
DEK	583	3	526	38	317	4	375	4
SZU	418	19	502	17	302	0	300	12
MBA1	853	27	1144	31	683	6	394	16
MBA2	465	8	475	27	268	6	290	3
NÁD	469	1	398	8	299	3	227	5
MAC	789	4	607	24	477	2	343	2
KBT	686	24	748	32	872	35	438	1
HAS	798	22	386	0	299	32	252	9
MÁH1	656	12	401	5	288	5	431	5
MÁH2	441	7	407	18	356	7	355	4
Minimum		353		292		168		227
Q1		467		404		303		323
Medián		583		502		362		356
Q3		728		608		463		383
Maximum		3183		1736		983		806
BHT	87,5	4,5	87,5	4,5	87,5	4,5	87,5	4,5
Trolox	393,9	4,6	393,9	4,6	393,9	4,6	393,9	4,6

Vas(III)/vas(II) rendszerbeli redukálóképesség A négy kivonatsorból számított FRAP értékeket (ill. a kontrollokéit) az 5.1.1/3 táblázat mutatja. Ezek általában közepesek a, így a vártnál gyengébbek annak ellenére, hogy a redukálóképesség szoros ($R = 0,7174 \dots 0,8169$), szignifikáns ($p < 0,001$) összefüggést mutat TPC-vel. Csak kevés kivonat éri el vagy közelíti (> 11000 mg AAE/kg) a BHT értékét (12169 mg AAE/kg); a trolox aktivitását (20163 mg AAE/kg) pedig egy sem. Az összes kivonatot tekintve a legnagyobb FRAP-értékű (12453 mg AAE/kg) a HAS WA UH, leggyengébb (3264 mg AAE/kg) az EGR3 MeOH UH.

18. táblázat A négy kivonatsorozatból számítható redukálóképességi értékek.

Minta	FRAP mg AAE/kg drog							
	MeOH Soxhlet		MeOH UH		WA Soxhlet		WA UH	
	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD
JOF	4725	185	3565	90	10662	135	10022	568
BÜK	6373	302	6099	148	8207	77	6398	146
KÜH	6805	193	7573	402	9189	258	6974	380
JÁV	6394	182	7748	57	10241	228	9102	651
HOR1	7463	271	6275	73	9939	401	11155	207
HOSSZ3	6666	187	6356	101	7129	105	10237	202
HOSSZ2	5125	424	5746	173	7127	96	11371	222
HOSSZ1	6264	190	6214	122	5567	390	11774	273
TIB	5213	208	7135	170	8652	439	5883	84
FET	5518	601	5917	231	4007	96	6454	555
HOR2	6911	113	7743	210	8548	310	9701	76
HOR3	6167	346	7557	70	8017	153	12200	201
NOSZ	8386	98	7959	101	7385	101	8085	199
EGR1	5213	83	6502	72	6675	123	9359	65
EGR2	4149	131	4540	111	5489	47	8807	387
EGR3	3264	74	2875	30	3441	150	6903	90
EGR4	6794	261	5541	20	6499	125	7715	65
DOM	7216	235	7913	39	10011	129	9550	146
TLE	6565	319	8149	121	11969	459	10657	193
HEA	7266	179	6436	466	7542	310	7833	140
VÁR	6118	235	9101	128	10183	187	6512	89
PÉV1	5430	353	7204	147	10482	266	10076	154
PÉV2	6563	636	7862	226	7235	231	8325	43
MDE1	6743	340	6188	64	6386	138	10186	238
MDE2	7052	383	4588	43	7961	136	10967	250
MDE3	5259	65	5804	357	7394	269	5837	157
DEK	5826	36	7398	67	9318	41	11509	306
SZU	5555	43	3097	83	5582	48	9441	222
MBA1	5422	226	4599	89	9247	144	9079	107
MBA2	6761	124	5455	27	10322	53	11419	39
NÁD	5708	473	5921	68	10087	234	8477	291
MAC	4690	165	5345	115	5421	466	7372	328
KBT	4841	251	3603	62	4538	161	7604	448
HAS	4072	264	6445	275	8441	203	12543	118
MÁH1	5879	207	6542	85	11610	168	5671	65
MÁH2	6371	142	6487	129	7635	312	6111	52
Minimum	3264		2875		3441		5671	
Q1	5236		5498		6587		7173	
Medián	6118		6275		8017		9102	
Q3	6704		7301		9975		10447	
Maximum	7463		9101		11969		12543	
BHT	12169	342	12169	342	12169	342	12169	342
Trolox	20367	1004	20367	1004	20367	1004	20367	1004

5.1.1.2. Az összpolicfenol-tartalom és az antioxidáns mutatók kapcsolata az extrakciós módszerrel

A kétféle UH és a kétféle Soxhlet-kivonat TPC-értékeinek összevetésekor is szignifikáns a Welch-próba ($p < 0,025$ és $p < 0,001$, rendre). Szignifikáns a különbség továbbá a kétfajta MeOH kivonat között ($p < 0,001$), de a kétfajta WA kivonat között nem.

A hidroalkoholos kezelések rendre nagyobb összpolicfenol-értékeket adnak a metanolosaknál. Legkevésbé a MeOH Soxhlet-extrakció hatékony, e módszer elterjedtsége ellenére. Minden TPC-adatsor heterogén (CV 19,11-27,38%). Ez a populációk policfenol-összetételének variabilitását jelzi előre.

Gyökbefogó készsége erősen oldószer-és módszerfüggők is a kapott eredmények. A Welch-próba szignifikáns volt: MeOH UH vs WA UH ($p < 0,001$), MeOH Soxhlet vs WA Soxhlet ($p < 0,001$), MeOH Soxhlet vs MeOH UH ($p < 0,025$), WA Soxhlet vs WA UH ($p < 0,01$) párosításban.

A két MeOH-os mintasor és a két WA mintasor összevetésénél az esetek kétharmad részében $EC_{50}(UH) < EC_{50}(Soxhlet)$.

Az oldószereket tekintve pedig $EC_{50}(WA) < EC_{50}(MeOH)$. Így a hidroalkoholos ultrahangos módszer tekinthető leghatékonyabbnak, míg a MeOH Soxhlet a leggyengébbnek.

Minden kivonatsorozat heterogén vagy igen heterogén EC_{50} -re: CV (MeOH Soxhlet) = 70,8%, CV (MeOH UH) = 48,2%, CV (WA Soxhlet) = 44,4% CV (WA UH) = 31,6%, azaz az egyes populációk értékei között jelentős eltérések vannak.

A módszerek hatékonyságának megítélésében EC_{50} szerint a Welch-vagy páros t-próba szignifikáns volt MeOH Soxhlet vs. WA Soxhlet ($p < 0,001$; Welch); MeOH UH vs WA UH ($p < 0,001$; Welch) WA Soxhlet vs WA UH ($p < 0,001$; Welch) elrendezésekben, MeOH UH vs. MeOH Soxhlet párban nem ($p = 0.278$, t-próba).

FRAP-értékek: A módszert tekintve, mindkét oldószerrel az UH ad erősebb AO kivonatot, a 36 minta kb. kétharmadából. Oldószerre nézve, a WA hatékonyabb volt. $FRAP(WA UH) > FRAP(MeOH UH)$ 30 esetben 36-ból, $FRAP(WA Soxhlet) > FRAP(WA Soxhlet)$ 29 esetben a 36-ból.

Az előző két paraméterhez hasonlóan, a FRAP-értékek is heterogének, CV: 9,11-27,38%.

A 2016. évi eredmények alapján a 2017. évi vadon termő, illetve a későbbi, termesztett mintákat (2018-2020) már csak az AO tulajdonságok szempontjából leghatékonyabbnak tapasztalt (Patonay et al. 2019), hidroalkoholos ultrahangos (UH) módszerrel extraháltuk.

5.1.1.3. A populációk összpolicfenol-és és AO mutatóinak összehasonlítása

A fentiek alapján az összehasonlítást az alábbiakban a WA UH kivonatok eredményeiből végezzük, mivel ez a módszer a leghatékonyabb. (A többi kivonat adatait is figyelembe vevő rangsorolásra egy korábbi munkánkban tettünk kísérletet [Patonay et al. 2019]).

A WA UH sorozat nagy – a Q3 és maximum közti – TPC-értékű mintái tehát a következők. TLE (67910 mg GAE/kg), HAS (65504 mg GAE/kg), PÉV1 (63175 mg GAE/kg), NÁD (60280 mg GAE/kg), DOM (59 711 mg GAE/kg), MDE2 (58499 mg GAE/kg), HOR2 (58278 mg GAE/kg).

A legjobb gyökbefogókészségű (minimum $<EC_{50}<Q1$) minták NÁD, 227 mg/l, HAS, 252 mg/l, DOM 263 mg/l, HEA, 263 mg/l; SZU, 290 mg/l; MBA2, 300 mg/l; HOR2, 308 mg/l; MDE2, 316 mg/l.

Nagy (a 36 minta Q3-a és maximuma közötti) FRAP-értékű minták a következők. HAS (12543 mg AAE/kg), HOR2 (12200 mg AAE/kg) – ez a kettő a BHT-val egyenrangú aktivitást mutat. HOSSZ1 (11774 mg AAE/kg), MBA2 (11419 mg AAE/kg) HOSSZ2 (11371 mg AAE/kg), HOR1 (11115 mg AAE/kg), – ezek a BHT-étől max. 10%-ban eltérő értékűek. A kétféle AO paraméter szerinti legjobb eredmények nem feltétlenül esnek egybe, de négy minta mindkét szempontból kiemelkedő. Ezek HOR2, HAS, DOM, MBA2; négy, egymástól távolabbi populációból – rendre: Bükk-hg., Hór-völgy; Nyugati-Mátra; Heves-Borsodi-ds; Keleti-Mátra – való növény. Élőhelyi háttérük is nagyon különböző. (→M4 Melléklet).

Legkisebb TPC-t (a 36 tétel minimumától Q1-éig) mutatják: EGR3 (23390 mg GAE/kg), TIB (34526 mg GAE/kg), FET (36490 mg GAE/kg), MÁH1 (37191 mg GAE/kg), MDE3 (40464 mg GAE/kg), KBT (42506 mg GAE/kg), BÜK (45878 mg GAE/kg).

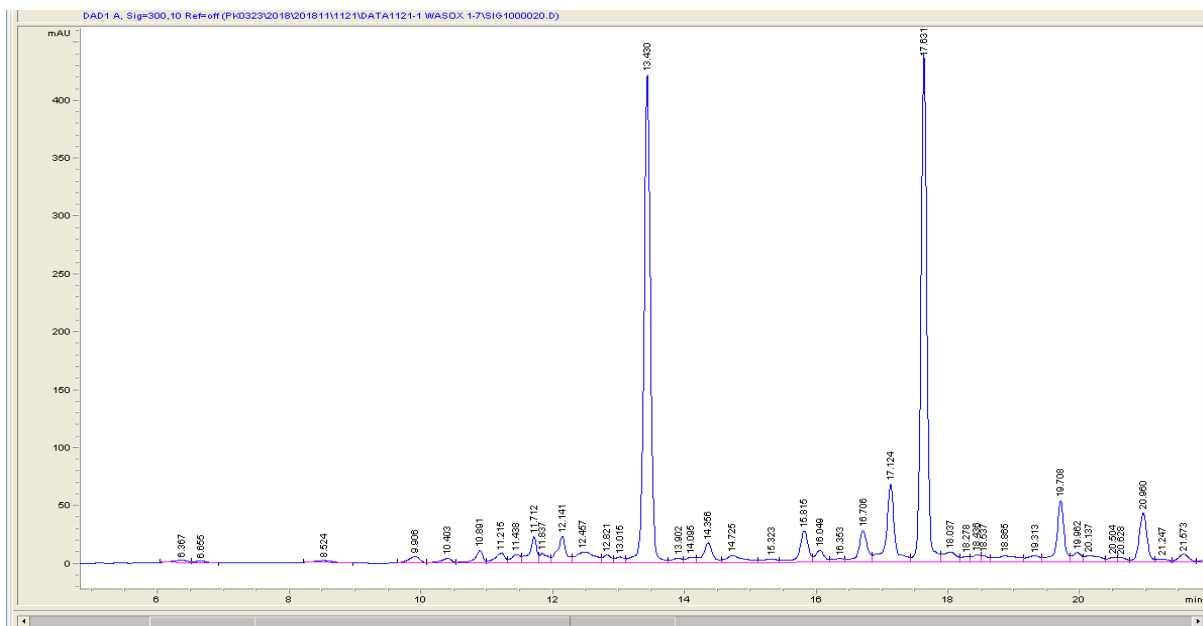
A legmagasabb (Q3-tól a maximumig) EC_{50} értékeket a következő mintákból kaptuk: HOR3 (407 mg/l), MDE3 (417 mg/l), MÁH (431 mg/l), KBT (438 mg/l), FET (419 mg/l), EGR3 (806 mg/l).

Alacsony FRAP-értékek (minimumtól Q1-ig) jellemzik a következő mintákat: MÁH1 (5671 mg AAE/kg), TIB (5883 mg AAE/kg), MÁH2 6111 mg AAE/kg), BÜK (6398 mg AAE/kg), FET (6454 mg/kg), EGR3 (6903 mg AAE/kg), KÜH (6974 mg AAE/kg). A relatíve gyenge EC_{50} itt az EGR3 adatát kivéve nem jelenti azt, hogy a felsorolt minták gyökbefogóként inaktívak lennének, inkább "jellegtelenek" (FRAP-értékeik is közepesek). EGR3 a kivonatolási módszertől függetlenül a leggyengébb értékeket adja TPC és EC_{50} -ben, FRAP értékei is legfeljebb közepeset (5000-10000 mg AAE/kg) mutatnak. A minták földrajzi és élőhelyi háttére itt sem határoz meg egységes csoportot.

5.1.2. A VIZSGÁLT TERMÉSZETES POPULÁCIÓK FŐ FENOLOID ÖSSZETEVŐI

5.1.2.1. A kivonatok közös összetevői

A kromatogramokban hat intenzív csúcs jelentkezett valamennyi kivonatban. Ezek közül négy egy-egy azonosított fenoloidot jelzett és kettő ismeretlen (Ismeretlen „A” és „B”). Ezek időrendben a következők: ~13,4 min. Ismeretlen „A”, ~14,4 min cinarozid, ~16,7 min diozmin, ~17,20 heszperidin, 17,6-17,8 min rozmarinsav, 19,7-19,9 Ismeretlen „B”. Az egyik polifenoldús mintánk (MBA1) WA Soxhlet kivonatának kromatogramját mutatja a 8. ábra.



8. ábra MBA1 WA Soxhlet kivonatának kromatogramja, 0-22 min részlet, felvétel 300 nm-en. : 13,400 min. Ismeretlen „A”, 14,366 min cinarozid, 16,706 min diozmin, 17,124 heszperidin, 17,631 min RA, 19,708 Ismeretlen „B”

5.1.2.2. A megfigyelt polifenolprofil összevetése az irodalommal. Az egyes vegyületek dúsulása a különböző kivonatokban

A négy azonosított fő fenoloidnak az egyes kivonatokból számítható koncentrációja a kivonatolási módszerrel jelentősen változik. A RA és a 3,4'-hidroxiflavon cinarozid a WA, a két 4'-metoxiflavonoid, a heszperidin és a diozmin, pedig a metanolos kivonatokban dúsult fel jobban (19. táblázat). Szembetűnő pl. a heszperidintartalom eltérése WA és MeOH UH kivonatok között. A hidroalkoholos UH kivonatokból 0-5497 mg/kg drog heszperidintartalom volt számítható, míg metanolos analógjaikból 1055-29518 mg/kg drog. Az oldószertől és részben módszertől függő kivonási hatékonyság miatt a populációk közti variabilitás tárgyalásakor a mintánként négyféle kivonatból kapott koncentrációk közül mindig a maximumokat (legnagyobb kivont koncentráció, C_{max}) vettem figyelembe (20. táblázat).

19. táblázat Az azonosított négy vegyület különböző kivonatokból számítható koncentrációjának tartománya

A négy kivonatsorból számítható mg/kg koncentrációk tartománya				
	MeOH Soxhlet	MeOH UH	WA Soxhlet	WA UH
Rozmaringosav (RA, mg/kg drog)	1192-22780	3538-29141	7043-35420	5607-38677
Heszperidin (H, mg/kg drog)	203-26460	1055-29518	925-6586	0-5479
Cinarozid (LG, mg/kg drog)	149-2164	0-2650	0-2750	138-2944
Diozmin (D, mg/kg drog)	0-7987	0-4786	0-2075	0-1184

20. táblázat Az azonosított négy vegyület legnagyobb kivont koncentrációja (C_{max}) a 36 mintában

A menta minták főösszetevői, C_{max} , mg/kg drog				
Azonosító	Rozmaringosav	Heszperidin	Cinarozid	Diozmin
JOF	30730	12400	319	2893
BÜK	20463	12065	916	4571
KÜH	25192	15772	711	4573
JÁV	31243	15784	2944	1345
HOR1	19448	29518	911	3026
HOSSZ3	18764	13354	853	3263
HOSSZ2	11994	9851	2750	4117
HOSSZ1	18717	6628	1768	4506
TIB	18341	4834	400	1283
FET	16320	1985	1386	398
HOR3	22611	21760	2358	4653
HOR2	23734	29086	1515	4786
NOSZ	27521	21198	1835	2888
EGR1	31324	21076	2650	4579
EGR2	25324	22997	1193	1791
EGR3	7043	7056	457	5637
EGR4	23813	17844	1468	3047
DOM	31884	17452	860	7987
TLE	14164	8932	1324	3741
HEA	21680	15701	920	2086
VÁR	35420	16690	1588	6857
PÉV2	29650	6586	2553	3667
PÉV1	33596	5626	878	823
MDE1	32671	17871	891	2576
MDE2	23995	20558	1354	3082
MDE3	22469	24327	821	1684
SZU	20272	15271	1134	4150
DEK	22421	17740	882	2533
MBA1	32885	19025	388	1261
MBA2	38677	10991	1642	2984
NÁD	27928	10471	1565	2577
MAC	11335	24184	583	5445
KBT	15054	23190	996	3268
HAS	22902	17738	1520	3500
MÁH1	28582	6033	1438	4376
MÁH2	19139	27398	790	5204
<i>Minimum</i>	<i>7043</i>	<i>1985</i>	<i>319</i>	<i>398</i>
<i>Q1</i>	<i>19045</i>	<i>10316</i>	<i>858</i>	<i>2565</i>
<i>Medián</i>	<i>23318</i>	<i>16237</i>	<i>1164</i>	<i>3266</i>
<i>Q3</i>	<i>29920</i>	<i>21107</i>	<i>1571</i>	<i>4572</i>
<i>Maximum</i>	<i>38677</i>	<i>29518</i>	<i>2944</i>	<i>7987</i>

Legnagyobb RA-tartalmat $C_{\max} = 38\,667$ mg/kg-mal az MBA2, a minimumot 7043 mg/kg-mal az EGR3 adja. Ezen intervallum a Dudai et al. által (2006) végzett izraeli termesztési kísérletből közölnél (20 000-80 000 mg/kg) jóval szűkebb, viszont meghaladja a Mosrefi Araghi éds munkatársai által (2019) végzett, iráni kísérleti termesztésben kapott értékeket, ahol a maximum 3902 mg/kg RA. A növény általunk vizsgált mintái között tehát nincs, ami a fajban csak ritkán leírt (Benedec et al. 2013, Románia, Park et al. 2019, Dél-Korea) RA-szegény profilt mutatná.

Termesztett rokonok közül a borsosmentáról található olyan, negyven különböző genetikai eredetű tételt feldolgozó munka (Guédon és Pasquier, 1994), ami MeOH-lal kivonatolt, 2. éves virágzó hajtásokból vizsgál RA-tartalmat. Itt nagyon hasonló intervallumot közölnek, mint lómenta mintáink eredménye: 0,97 m/m%-3,86 m/m/% (száraz növényi anyagra), átszámítva 9700-38600 mg/kg drog.

Mindez ellentétben van Krzyzanowska et al. következtetésével (2007), akik szerint a lómenta és borsosmenta közül az utóbbi javallható az ipar számára gazdag RA-forrásként. A képhez hozzátartozik, hogy a lengyel kutatók a két taxonnak egy-egy állományát vizsgálták csak.

A RA WA UH kivonatolása hatékonyságában nem különbözik szignifikánsan a WA Soxhlettől – ez RA forró WA-ban (fp.87°C) hőtűrő voltára mutat. Legkevésbé a MeOH Soxhlet kivonatolás felelt meg a kinyerésére.

A RA prekuzora, a kávésav nem, vagy rendszertelenül volt kimutatható, maximum párszáz mg/kg-os nagyságrendben. Ez a lómenta eddig talált adataitól eltérő jellegzetesség, a kávésavat ui. korábban több vizsgálatban is nagy mennyiségben jelenlévő összetevőnek találták (pl. Dudai et al. 2006; Tahira et al. 2011).

A másik, fő komponensként megjelenő fenoloid, a heszperidin koncentrációi (C_{\max}) a FET mintából mért 1985 mg/kg drog-tól HOR1 29 518 mg/kg értékig terjednek. Irodalom alapján a jelen mérésor lehet az első nagyobb mintaszámú mennyiségi felmérés, amit a lómenta heszperidin-tartalmára végeztek. Oesterle és Wander (1925) hivatkoznak egy 1920-as ausztriai vizsgálatra, amiben a *M. longifoliát* és *M. pulegiumot* kifejezetten heszperidingazdagnak találtak rokonai (*M. x spicata*, *M. aquatica*, *M. x verticillata*, *M. arvensis*) mintáihoz képest. De ezek a mennyiségi adatok nem érhetők el, az 1927-ös közlemény szerzői pedig erősen felülbecsültnek tartják őket. Bourwieg és Pohl már idézett közleményükben (1973) jelzik a heszperidin jelenlétét, de mennyiségi adatot nem adnak. 36 mintánk heszperidin-tartalma jóval tágabb tartományú, mint Guédon és Pasquier felmérésében (1994) a borsosmentáé (0,3-1,3 m/m%., kb 3000-13000 mg/kg drog).

A harmadik fő fenolos komponens, ami minden mintánkban kimutatható volt, a cinarozid. Ez az előzőekhez képest 1-2 nagyságrenddel kisebb, de nagyon változékony (CV >> 20%) koncentrációkban, 319 mg/kg drogtól (JOF) 2944 mg/kg-ig (JÁV) fordult elő. Cinarozidot a lómenta egy-egy mintájából gyakrabban kimutattak (Bourwieg és Pohl, 1973; Jahan et al. 2001; Akroum et al. 2009; Orhan et al. 2012; Elansary et al. 2015), ezért jelenlétére szintén számítottunk. A fajból viszont – tudomásunk szerint – a jelen mérés az első, ahol ezt a flavonoidot nagy mintaszámból határozták meg; mennyiségi adat az előbb felsoroltak közt ui. csak egy van (Orhan et al. (2012), 7 mg izolálása egy 1 kg-os, virágzó tételből). Kivonatolásának optimális módja, az oldószerekben való viselkedése hasonló a RA-éhoz.

A diozmin legnagyobb kivont koncentrációi a 36 mintában 398 mg/kg drog (FET) és 7987 mg/kg drog (DOM) közöttiek. Ennek a flavonnak tudomásunk szerint a jelen mérés az első mennyiségi felmérése a fajban, ezelőtt csak egyszer mutatták ki (Bourwieg és Pohl, 1973), mennyiségi meghatározás nélkül. A növényeinkből mért legnagyobb kivont diozmin-koncentrációk intervalluma szintén tágabb annál, amit Guédon és Pasquier (1994) a borsosmenta mintáiból megadnak. (0,03-0,47 m/m% kb. 300-4700 mg/kg drog). A heszperidinhez hasonlóan a diozmin is a MeOH kivonatokban dúsul jobban.

Mérési adataink azt mutatják, hogy a mintánkban jelenlévő négy fő fenoloid különböző erősségű antioxidáns. (→21. táblázat)

21. táblázat A vadontermő populációkból azonosított négy vegyület antioxidáns tulajdonságai

Vegyület	DPPH EC ₅₀ mg/l		FRAP mg AAEq/kg	
	átlag	SD	átlag	SD
Rozmaring sav	16,5	0,8	172499	1044
Heszperidin	6352	84	13333	373
Cinarozid	32,6	0,1	68637	2910
Diozmin	>20 000	-	3098	410
Rutin*	33,7	0,6	66116	1089
BHT	87,3	4,5	12169	342

*kontrollként csak itt, a többi flavonoiddal való összevetés végett szerepel

A RA és a cinarozid mindkét módszerrel mérve erős, aktivitásuk nagyobb a BHT-énál. A RA erős antioxidáns volta az irodalmi értékeknek megfelel (Petersen, 2003). A cinarozid értékei gyakorlatilag egyenlők a rutinéval, az irodalmi adatokkal (Burda és Oľszek, 2001) egyezően. A heszperidin gyökbefogó reakciója gyenge (ez is egyezik az irodalmi háttérrel). FRAP értéke nagy, a BHT-énak 110%-a; ez viszont eltérés az elmélettől, s okát e munka során nem ismertük meg.

A diozmin gyökbefogóként inaktív, redukálóképessége gyenge; ez is megfelel a 3. fejezetben vázolt összefüggéseknek.

A lómenta populációk különböző kivonatainak AO kapacitását azonban *csak részben tudjuk összekapcsolni a négy azonosított vegyület tulajdonságaival.*

Elvileg, a RA-nak és a cinarozidnak szerepe lehet ezekben, a másik két flavonoid kevésbé vagy nem befolyásolja. A RA a várt erősségű, szignifikáns összefüggést mutatja mindkét AO tulajdonsággal. A cinarozid jelenléte és az AO mutatók közt viszont szignifikáns korreláció csak a MeOH UH sorozatban van, aminek oka jelen ismereteink tükrében kérdéses (→22. táblázat).

A heszperidin-és diozmintartalom korrelációja az AO mutatókkal minden kivonatsorból gyenge, nem szignifikáns.

22. táblázat Egyes összetevők koncentrációi (mg/kg) és a négy kivonatsor AO adatainak korrelációi.

Kivonat	R(RA/EC ₅₀)	R(RA/FRAP)	R(LG/EC ₅₀)	R(LG/FRAP)
MeOH Sox.	-0,5008**	0,4490**	-0,166	0,221
MeOH UH	-0,5555**	0,5530**	-0,2884	0,4271**
WA Sox.	-0,5430**	0,5460**	-0,258	0,272
WA UH	-0,4990**	0,3550**	-0,272	0,149

Csillagozás: *nincs* = nem szignifikáns; (*) = p<0,05; (**) = p<0,01. LG=cinarozid.

5.1.2.3. A populációk összehasonlítása polifenol-összetételük szerint

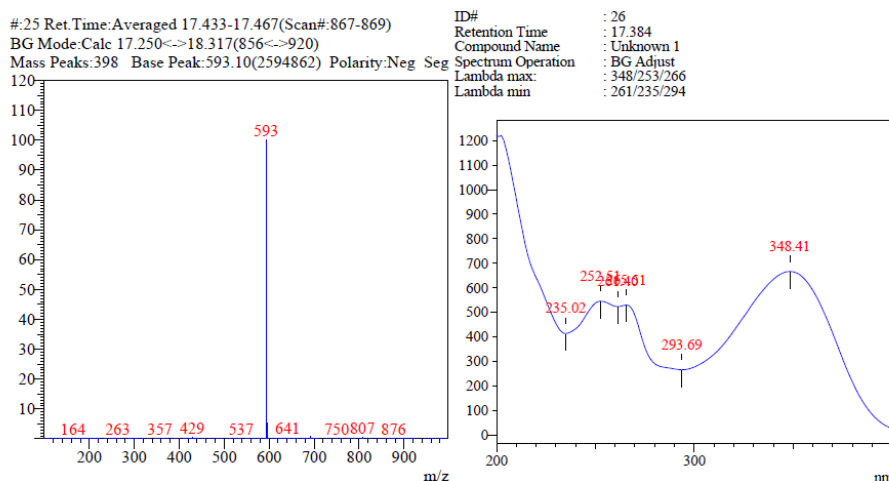
A 36 vadontermő minta eredményeit összehasonlítva látható, hogy 20-nál (az összesnek 56%-a) a RA az uralkodó összetevő, koncentrációja 2-8-szor nagyobb, mint a heszperidiné. Nyolc mintában (az összesnek 22%-a) a RA kb. 1,25-1,5-szeres túlsúlyban van. Kettőben (HOR3 és EGR3) gyakorlatilag egyenlő, max, 10%-ban különböző koncentrációt tartalmaz a két komponensből; négyenél pedig (az összes minta 11%-a, HOR1, KBT, MAC és MÁH2) a heszperidin túlsúlyban van. Az azonosított két flavon egyik mintában sem volt domináns.

A négy vegyület koncentrációjának megoszlása a 36 minta között egyenletes, kb. egy-egy negyedük (8-10 db) kis koncentrációjú (minimumtól Q1-ig), illetve gazdag (Q3 és a maximum közötti). RA-ra nézve ez a tapasztalat eltér a Dudai et al. (2006) által megfigyeltektől: a 40 izraeli lómenta klón kb. egynegyede viszonylag kis (20 000-30 000 mg/kg), fele nagy (50 000-80 000 mg/kg) RA-tartalmú volt, a többi közepes.

Egyik vegyületnél sem figyeltük meg, hogy magasabb koncentrációjú mintái egy helyhez, régióhoz vagy valamilyen élőhelytípushoz lennének köthetők. Így pl. az egymástól 50 m-es körzetben, hasonló társnövényekkel együtt, városi vízparton, ruderalis élőhelyen termő, de az Eger patak ága által elválasztott, EGR3 és EGR2 állományok (→Melléklet M4 *i-j*) polifenol-összetétele alapvetően különbözik. A leggyengébb AO aktivitású, TPC-ú mintaként már említett EGR3 RA-koncentrációja a vizsgált 36 minta közt a legkisebb (7043 mg/kg), cinarozid- és heszperidinszegény is (minimum és Q1 közötti; rendre 457 illetve 7056 mg/kg), egyedül diozminból tartalmaz nagy koncentrációt, 6537 mg/kg-ot. Vele szemben az EGR2 jóval gazdagabb polifenolokban: RA-ból 25324 mg/kg, heszperidinből 21076 mg/kg -ot mutat, emellett cinarozidból a 36 populációban mért legmagasabbhoz közeli értéket, (2560 mg/kg) és diozminból 4579 mg/kg-t. Hasonlóan, a Mátraháza — Tölgyesbérc között, egymástól 600 m-en belül – barna erdőtalajon, fakitermelés, forgalom nyomán megtelepedő zavart társulásban gyűjtött – MÁH1 és MÁH2 populációk mintái igen eltérőek. Nincsenek földrajzi, élőhelyi alapon elkülöníthető csoportok a 36 minta összetételében arra nézve sem, hogy egyes vegyületeknek milyen az egymáshoz viszonyított aránya. Példa erre az a négy tétel, ami a magas heszperidin:RA aránnyal (1,4-2,2) válik ki a többi közül: HOR1, KBT, MAC, MÁH2. Kettő közülük 5 km-es körzetből, de teljesen más élőhelyről való. A másik két populáció pedig távol is van egymástól. HOR1 mintavételi helye a Bükk-hegység egy, időszakosan kiszáradó mocsárrétjén; MÁH2-é a Központi-Mátrában (ld. a fentebb és →Melléklet M4: *e-h*).

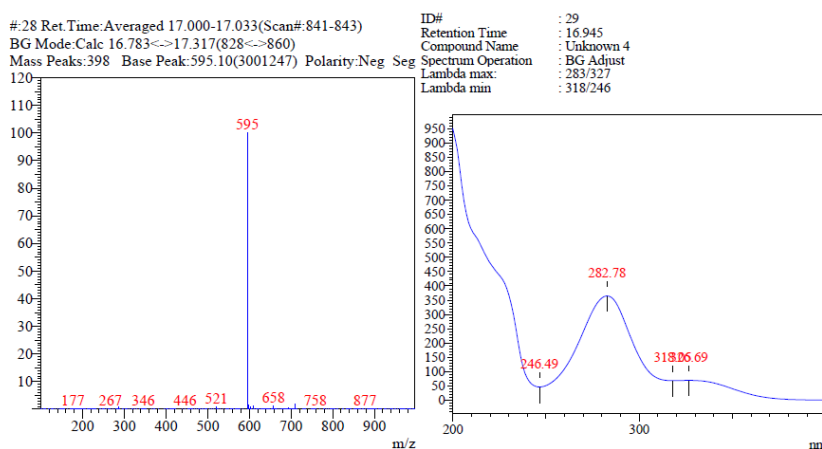
5.1.2.4. Ismeretlen „A” és Ismeretlen „B” vizsgálatának eredményei

Az „A” azonosításánál az MS vizsgálat mindegyik mintából kimutatott egy glikozidos flavont és egy glikozidos flavanont, egymáshoz közeli és a rutin standardéhoz ($t_R = 17,228$) is hasonló retenciós idővel. Ezek tömeg-és UV-spektruma látható a 9-10. ábrán, retenciós idejükkel együtt.



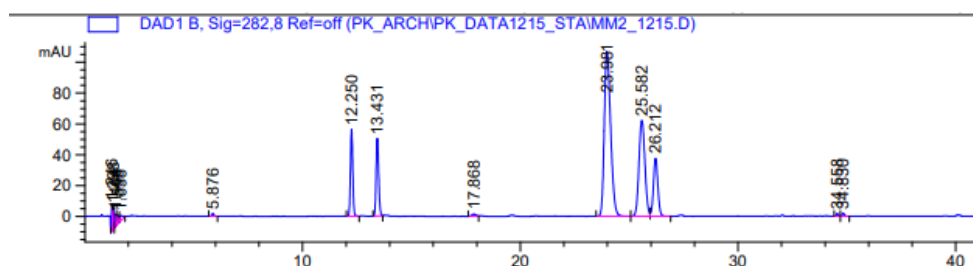
9. ábra Az Ismeretlen A csúcsban, koelúcióval lefutó luteolin-rutinozidnak az ismeretlen szétválasztása után felvett UV-színképe és tömegspektruma. (Felvétel: Lovas Miklós)

A flavon ($t_R = 17,433-17,467$ min) UV színképe a luteolinra és származékaira jellemző maximumokat és lefutást mutat. $[M-H]^-$ ionjának tömege 593, azaz a moltömeg (M) 594 – így ezt az anyagot luteolin és rutinóz glikozidjaként azonosítottuk. Luteolin-7-O-rutinozidnak (lonicerin) tartottuk (M= 594,52 g/mol). A flavanon ($t_R = 17,000-17,033$ min) UV színképe eriodiktioszármazékokra mutat, $[M-H]^-$ ionjának tömege 595. Így eriodiktiol és rutinóz glikozidjaként volt azonosítható; eriodiktiol-7-O-rutinozidnak (eriocitrin) vettük (M= 596,52).

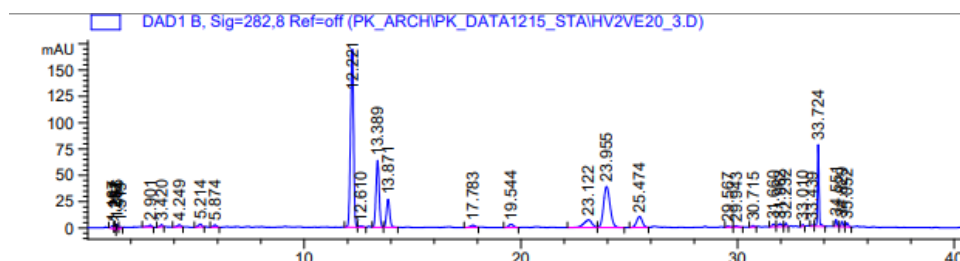


10. ábra Az Ismeretlen A csúcsban, koelúcióval lefutó eriodiktiol-rutinozidnak az ismeretlen szétválasztása után felvett UV-színképe és tömegspektruma. (Felvétel: Lovas Miklós)

A HPLC-DAD módszer javítása során (→4.8.2), kivonatokban szétválasztottuk „A”-t a két flavonoidra. Azonosításuk az eriocitrin- és a lonicerin-standard futtatásával zárult le (→11.-12. ábra). A természetési kísérlet mintáiból így lehetővé vált – a vadontermő növényekből leírt 4 összetevőé mellett – mennyiségi meghatározásuk.

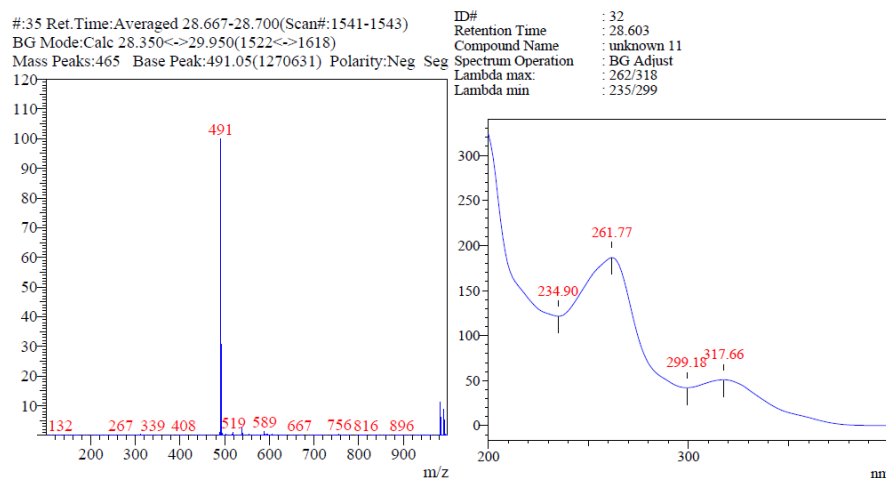


11. ábra Kávésav (5,876 min), eriocitrin (12,250 min), lonicerin (13,43 min) RA (23,991 min), heszperidin (25,582 min), diozmin (26,212) standardje oldatának kromatogramja, 282 nm, 0-40 min részlet



12. ábra HOR-2 (a kromatogram fejlécén HOR2) egy mintájából 282 nm-en felvett kromatogram, 0-40 perces részlet. Kávésav (5,874 min), eriocitrin (12,221 min), lonicerin (13,389 min), egy ismeretlen (23,122 min), RA (23,955 min) heszperidin (25,474 min) jelez.. 33,724 min.: Ismeretlen B jelez.

Az Ismeretlen „B” a MS mérésekben is egy vegyületként jelent meg; $[M-H]^- = 491$ ($M = 492$ g/mol). UV-szinképe (→ 13. ábra) minden mintában egységes. Eddig nem tudtuk azonosítani.



13. ábra Ismeretlen B tömeg-és UV-spektruma. Felvétel: Lovas Miklós

5.2. A LÓMENTA KÉMIAI VARIABILITÁSA A TELEPÍTETT ÁLLOMÁNYOKBAN

5.2.1. A FENOLOIDOK VARIABILITÁSA

5.2.1.1. Az összpolicenol-tartalom és az antioxidáns tulajdonságok variabilitása

Előrebocsáthatóak a következők: Valamennyi klónra jellemző, hogy a növények TPC-a és AO mutatói Egerbe telepítésük évében a teljes termesztési kísérlet során mért legkisebb értékek.

Az ültetés utáni 2. évben a TPC emelkedik, klónonként eltérő mértékben, 1,9-3,5-szörösre. Az AOA is erősödik, EC₅₀ a 400-1000 mg/l-ről az öt klón közül négynél ~220-600 mg/l közti értékekre esik. FRAP a kb. 4500-10 000 mg AAE/kg helyett a ~6000-12 000 közötti tartományba kerül, azaz a standard BHT-t (12169 mg AAE/kg) jobban közelíti. A második évtől erősödnek a klónra jellemző tendenciák is.

A soroksári minták viszont már az első évben nagyobb TPC és AOA értékekkel indulnak, s az élő állományokban az eredmények kevésbé változnak, szűkebb intervallumban mozognak. Erre a jelenségre mutat a két termőhely mintáin (a klónok között, TPC és AO mutatókban jelenlévő különbségek vizsgálatára) elvégzett Kruskal-Wallis-teszt eredménye is. Ez csak Egerben jelzett egyes klónok között szignifikáns különbséget AO mutatókban (23-24. táblázat, M6, M7 mellékletek). Ez konkrétan 1-1 esetben, mégpedig HOR1 és HOR2 közt volt észlelhető FRAP-értékekre (p= 0,027) és EC₅₀-ben (p= 0,014).

23. táblázat Kruskal-Wallis próba eredménye TPC és AO mutatókra a klónok között, Eger mintái (N=75)

Vizsgált változó	TPC	DPPH	FRAP
Próbastatisztika (χ^2) értéke	5,559	11,886	10,169
Szabadságfok	4	4	4
p	0,235	0,018	0,038
p=0,05 mellett szignifikáns?	nem	igen	igen

24. táblázat Kruskal-Wallis próba eredménye TPC és AOA-ra a klónok között, Soroksár mintái (N=48)

Vizsgált változó	TPC	DPPH	FRAP
Próbastatisztika (χ^2) értéke	3,726	8,850	3,000
Szabadságfok	4	4	4
p	0,444	0,065	0,558
p<0,05 szignifikáns?	nem	nem	nem

A) A HOR1 klón polifenoltartalma és antioxidáns tulajdonságai a két termőhelyen

HOR1 adatait a 25. táblázat mutatja. Az öt klón közül a legalacsonyabb összpolicenol-értékű, gyökbefogóképessége nem kiemelkedő. A vadontermő állományban két éven át erős AO aktivitást mutatott. Ehhez képest a termesztésben gyengébb, és Egerben a soroksári állományhoz képest is rosszabb értékeket mutat. Kivétel ez alól az L1_2019_ EGR (TPC 71170 mg/kg GAE, EC₅₀ 294 mg/l, FRAP 11768 mg/kg). Vadon termő HOR1-ből EC₅₀

359 és 384 mg/l értékeket mértünk, az egi virágzaskori mintáiban a három évben 617, 649 és 617 mg/l-t, Soroksáron a két évben pedig 462 és 391 mg/l-t. Redukálóképességre is a leggyengébb az öt klón közül. Csak 2019. évi egi L1 mintája ér el BHT közeli FRAP értéket, egyébként 4750-7500 mg AAE/kg érték jellemző.

25. táblázat HOR1 menta összpolicifenol-és antioxidáns mutatói a két ültetvényben, 2018-2020

Klón: HOR1		Összpolicifenol-tartalom és AO tulajdonságok					
		TPC mg GAE/kg		DPPH-EC50 mg/l		FRAP mg AAE/kg	
Fenofázis	Év	EGR	SOR	EGR	SOR	EGR	SOR
L1	18	17253	NA	934	NA	5294	NA
VK	18	19317	NA	949	NA	6956	NA
V	18	25310	NA	617	NA	6606	NA
T	18	20045	NA	806	NA	7881	NA
L2	18	17408	NA	787	NA	9831	NA
L1	19	71170	65603	294	285	11678	10101
VK	19	47707	64099	677	400	7234	8755
V	19	39591	75638	649	391	6251	9315
T	19	47547	53999	796	452	3518	7846
L2	19	43214	38668	736	600	4750	5243
L1	20	53229	61139	358	444	7611	7856
VK	20	49576	40983	490	485	7377	5705
V	20	36598	53613	617	462	5834	7329
T	20	32423	54213	628	444	6862	5297
L2	20	44908	45679	425	442	9714	7523

EGR: Eger, SOR: Soroksár L1: vegetatív fázis, VK: zöldbimbós, V: virágzó, T: termésérés, L2: második kihajtott vegetatív fázis

B) A HOR2 klón polifenoltartalma és antioxidáns tulajdonságai a két termőhelyen

A HOR2 klón az öt közül a legmagasabb összpolicifenol-tartalmú és a legjobb AO teljesítményű. A termőhely évjárártól és fenofázistól függően befolyásol, ezért változó, hogy melyik hely mintája nagyobb értékű (26. táblázat).

26. táblázat HOR2 menta TPC-a és AO mutatói a két ültetvényben, 2018-2020

Klón: HOR2		Összpolicifenol-tartalom és AO tulajdonságok					
		TPC mg GAE/kg		DPPH-EC50 mg/l		FRAP mg AAE/kg	
Fenofázis	Év	EGR	SOR	EGR	SOR	EGR	SOR
L1	18	29275	NA	745	NA	6488	NA
VK	18	29487	NA	612	NA	6685	NA
V	18	30103	NA	413	NA	7749	NA
T	18	23299	NA	736	NA	7733	NA
L2	18	35339	NA	410	NA	12238	NA
L1	19	105394	79482	254	282	15856	10467
VK	19	71309	46746	223	537	11557	7159
V	19	82278	60440	434	389	12255	9798
T	19	72837	50026	377	561	4418	6619
L2	19	68537	68958	395	399	11879	9483
L1	20	65665	92390	281	266	10137	12227
VK	20	56906	84378	330	294	11302	11380
V	20	57156	59763	243	378	9355	6897
T	20	46401	54595	558	341	9980	6621
L2	20	57277	41873	285	430	9943	6020

EGR: Eger, SOR: Soroksár L1: vegetatív fázis, VK: zöldbimbós, V: virágzó, T: termésérés, L2: második kihajtott vegetatív fázis

Legnagyobb TPC-értékű mintái L1 fázisúak: HOR2_L1_2019_EGR (105394 mg GAE/kg) és HOR2_L1_2020_SOR (92 390 mg GAE/kg) az egész termesztési kísérletre nézve maximumok, s meghaladják az irodalomból körvonalazható, kb. 10 000 -90 000 mg GAE/kg intervallumot is.

AO tulajdonságaira jellemző, hogy nem ad kisebb EC₅₀-értékeket, mint a többiek (EC₅₀ minimuma 223 mg/l, HOR2_VK_2019_EGR mintából; a korábban kiemelt KBT_L1_2019_EGR mintáéval gyakorlatilag egyenlő). Viszont mindkét helyén tartósan mutat <350 mg/l EC₅₀-t. Gyökbefogókészsége így kb. egyenrangú, vagy jobb, mint a vadontermő mintájában mért adat. A vadontermő HOR2 EC₅₀-ja a két évben 307 és 389 mg/l; EGR V mintáié a három évben 413, 417, 243 mg/l, SOR V pedig 389 és 378.

Redukálóképessége az első évben 2018-ban a 6000-12 000 mg AAE/kg tartományba esik. Utána a TPC és EC₅₀ –hez hasonlóan termőhelytől és évjáráttól függően alakult. 2019-ben (az ültetvény 2. éve) *Egerben* egy kivétellel növekszik: 11 000-16 000 mg AAE/kg. A maximumot 15856 mg AAE/kg-mal HOR2_L1_2019_EGR adja, ez egyben a teljes termesztési kísérlet legmagasabb FRAP-értékű mintája. Aktivitása kb. 1,25-szorosa a BHT-ra mért értéknek. Ez a tulajdonsága egybevág a 2016. évi mintákból tapasztaltakkal, ahol HOR2 WA UH mintája a 36 tétel közül a második legmagasabb értékű (12200 mg AAE./kg). A harmadéves állományban ismét gyengébb értékeket észleltünk (9 000-11 000 mg AAE/kg). *Soroksáron* szintén az ültetés utáni második évben nő meg a FRAP aktivitás a telepítés évéhez képest (átlagosan 9483 mg AAE/kg, 2019-ben 6897 mg AAE/kg).

C) Az EGR3 klón összpolicifénol-tartalma és antioxidáns tulajdonságai

Az EGR3 klón a második legmagasabb polifenoltartalmú, AO aktivitásában a harmadik. A vadontermő mintái két éven át a leggyengébbek, ehhez képest a termesztésben jobban szerepelt. A termőhelyi különbségek összefüggenek az évjáráttal és azzal is, melyik paramétert tekintjük (27. táblázat).

27. táblázat EGR3 menta TPC- és antioxidáns mutatói a két ültetvényben, 2018-2020

Klón: EGR3		Összpolifenol-tartalom és AO tulajdonságok					
Fenofázis	Év	TPC mg GAE/kg		DPPH-EC ₅₀ mg/l		FRAP mg AAE/kg	
		EGR	SOR	EGR	SOR	EGR	SOR
L1	18	20416	NA	710	NA	5257	NA
VK	18	26132	NA	486	NA	7306	NA
V	18	25363	NA	564	NA	8165	NA
T	18	21507	NA	739	NA	8248	NA
L2	18	12340	NA	952	NA	7287	NA
L1	19	83033	77618	306	281	11383	9677
VK	19	59059	60146	331	413	10423	7516
V	19	56015	57209	346	442	10616	5423
T	19	37900	52705	711	557	2929	6002
L2	19	36354	50461	739	523	4818	7437
L1	20	70098	73089	272	329	11915	8778
VK	20	54865	54999	342	380	9616	6849
V	20	48889	63850	322	322	8066	8201
T	20	40599	NA	389	NA	8910	NA
L2	20	35729	36455	359	491	7337	5844

EGR: Eger, SOR: Soroksár L1: vegetatív fázis, VK: zöldbimbós, V: virágzó, T: termésérés, L2: második kihajtás vegetatív fázis

A TPC az Egerbe telepítés évében (2018) 12430-26132 mg GAE/kg. 2019-ben ugyanitt a TPC az előző évi háromszorosára nőtt (kivéve a L1 minta: 83033 mg GAE/kg). 2019-ben Soroksáron szűkebb, de magasabb értékekre kiterjedő intervallumot vesz fel, 50461-60164 mg GAE/kg-mal, kivéve itt is a L1 mintát (77618 mg GAE/kg). 2020-ban TPC a két helyen hasonlóan mozog, a növények korkülönbsége ellenére. Ez a klón a vadon termő állományában a két évben 806 és 737 mg/l EC₅₀ AO-t mutatott. A termesztésben, Egerben virágzaskor a három évben 564, 346, 322 mg/l, Soroksáron pedig 442 és 322 mg/l következnek. A javulás 2019-2020-ban mindkét termőhelyen látható, és L1 fázisban lehangsúlyosabb (ezekre EC₅₀ 272-329 mg/l). A FRAP értékekben kifejezett AO mutató esetében a 2018-as év (5527-8248 mg AAE/kg) után mind a két termőhelyen a maximum kitolódását látjuk, és azt, hogy az értékek mindkét évben magasabbak Egerben, mint Soroksáron.

D) A DOM menta polifenol-tartalma és antioxidáns mutatói a két termőhelyen

A DOM a második legmagasabb összpolifenol-tartalmú klón, az EGR3 klónhoz hasonlítható. Antioxidáns aktivitásában is másodikként, HOR2 és EGR3 közé lehet rangsorolni, mert tartósan alacsony EC₅₀ és magas FRAP értékeket mutat (28. táblázat).

28. táblázat DOM menta TPC-a és AO mutatói a két ültetvényben, 2018

Klón: DOM		Összpolifenol-tartalom és AO tulajdonságok					
Fenofázis	Év	TPC mg GAE/kg		DPPH-EC ₅₀ mg/l		FRAP mg AAE/kg	
		EGR	SOR	EGR	SOR	EGR	SOR
L1	18	23958	NA	726	NA	7475	NA
VK	18	28052	NA	611	NA	8600	NA
V	18	30955	NA	553	NA	8914	NA
T	18	23514	NA	684	NA	9428	NA
L2	18	25055	NA	541	NA	9545	NA
L1	19	80874	77358	375	243	12204	10234
VK	19	65895	68773	235	387	8555	9553
V	19	62490	63708	321	383	8838	10256
T	19	40331	50361	671	539	3633	6148
L2	19	53740	60576	417	417	12204	7294
L1	20	63467	84192	320	287	9901	9775
VK	20	52211	NA	345	NA	8613	NA
V	20	46241	81374	345	297	8586	8550
T	20	37439	60771	395	389	8806	7701
L2	20	41502	40728	326	541	8732	2825

EGR: Eger, SOR: Soroksár. L1: vegetatív fázis, VK: zöldbimbós, V: virágzó, T: termésérés, L2: második kihajtás vegetatív fázis

A 2018-ban szűk intervallumú, és a többi klón redményeivel összevetve magas TPC-a (23958-30955 mg GAE/kg) a 2019-es évben mind a két termőhelyen a 2-3,5-szeresére nő. A TPC ekkor egy esetet (_L1_EGR-t) kivéve Soroksáron magasabb. A következő évben ez nem változik érdemben. A klón gyökbefogóképessége a korábbi, vadontermő mintáival összevethető. Akkor virágzásban a két évben 263 és 720 mg/l, Egerben a három év során 553, 321 és 345 mg/l, Soroksáron pedig 383 és 297 mg/l-t mértünk. Összes mintáját nézve, az EC₅₀ értékek ingadozása csökken. FRAP alapján eltérően stabil AOA-t mutat. Annak ellenére tapasztaltuk mindezt, hogy a kísérletbe, mint változékony AO tulajdonságú típus került be.

E) A KBT klón polifenol-tartalma és antioxidáns tulajdonságai a két termőhelyen

A KBT a harmadik legnagyobb összpolifenol-tartalmú klón. AO aktivitását a viszonylag magas TPC ellenére változóan, leginkább helytől függőnek találtuk. Adatait a 29. táblázat mutatja. A vadontermő KBT-hoz (438 és 429 mg/l) képest KBT_V_2018_EGR nem különbözik attól (433 mg/l), 19-ben a különbség 10%, 2020-ban 22%-os. V_SOR minták és a vadontermők EC₅₀ értéke közt 2019-ben 35% (355 mg/l az ültetvényben), 2020-ban 64% a különbség (291 mg/l az ültetvényben). Összességében mind a kor (2.-3. évben erősödő AO), mind a fenofázis (L1 ad legjobb minőséget) mind a termőhely befolyásolta az AO mutatókat. Soroksáron végig erősebb AO aktivitást mutat, mint Egerben: EC₅₀ értékei az egrinek kb.0,9-0,5-szöröse, tartósan 400 mg/l alatt. Kivétel ez alól mindkét évben a legkorábbi időpontban szedett minták: a 2019_L1_EGR, ami egyébként a KBT klón leginkább polifenolgazdag és legerősebb redukálóképességű tétele is (78870 mg GAE/kg, EC₅₀ 221 mg/l, FRAP 12521 mg AAE/kg); és a 2020_L1_EGR (64557 mg GAE/kg, EC₅₀ 269 mg/l, 10158 mg AAE/kg).

29. táblázat KBT menta TPC-a és AO mutatói a két ültetvényben, 2018-2020

Klón: KBT		Összpolifenol-tartalom és AO tulajdonságok					
Fenofázis	Év	TPC mg GAE/kg		DPPH-EC ₅₀ mg/l		FRAP mg AAE/kg	
		EGR	SOR	EGR	SOR	EGR	SOR
L1	18	23312	NA	753	NA	6548	NA
VK	18	31144	NA	571	NA	9142	NA
V	18	35095	NA	433	NA	8704	NA
T	18	34552	NA	444	NA	9148	NA
L2	18	31701	NA	456	NA	10950	NA
L1	19	78870	68741	222	338	12521	7078
VK	19	56427	62115	438	369	9324	11265
V	19	47200	62689	480	355	5440	8723
T	19	31351	65034	709	384	2918	7702
L2	19	53777	60407	422	382	4705	6945
L1	20	64557	57814	269	283	10158	10225
VK	20	56198	69014	351	294	9281	10221
V	20	49590	67239	391	298	7254	7940
T	20	35310	63532	461	322	8522	6980
L2	20	33026	51102	565	381	7853	5852

EGR: Eger, SOR: Soroksár L1: vegetatív fázis, VK: zöldbimbós, V: virágzó, T: termésérés, L2: második kihajtás

F) TPC és AO aktivitás fenofázis szerinti változásai

A KBT klón Egerben 2. és 3. éves korában évben L1 hajtásban éri el maximális TPC-át és AO mutatóit. Soroksáron TPC és EC₅₀ L1, FRAP L1 vagy VK hajtásból a legnagyobb.

A HOR1 mindkét évben és mind a két termőhelyen L1 hajtásából ad maximális TPC-t és minimum EC₅₀-et. FRAP-ra nézve 2019-ben ugyanez a helyzet, de a 2020-i mintasoraiból a legmagasabb értéket Egerben nem L1, hanem L2 adta (9714 mg AAE/kg).

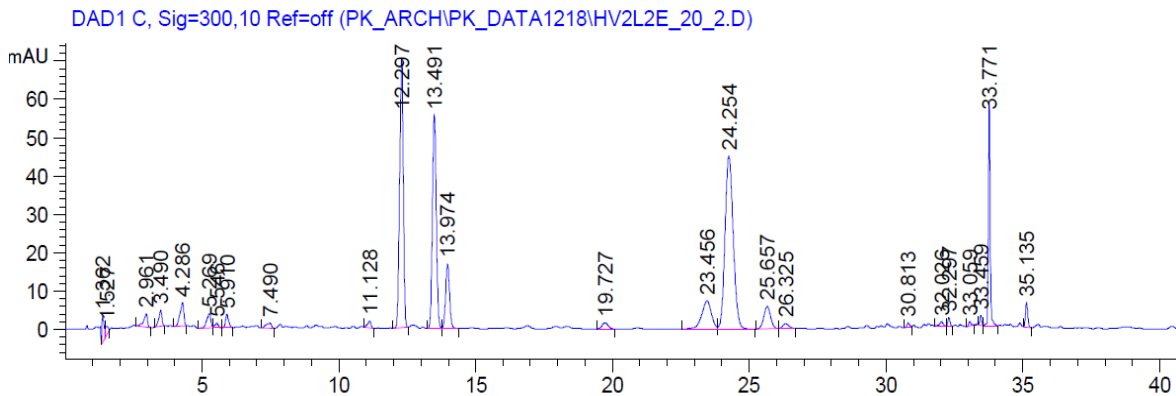
A HOR2 klón szintén a vegetációs idő első szakaszában mutat maximumokat, de azok a fentiekhez képest szabálytalanabban jelentkeznek. Az első évben a TPC különbség nem számottevő, a következő években mindkét termőhelyen L1-ben legnagyobb, de 2019-ben virágzáskor újabb csúcs detektálható. Az EC₅₀ minimumának ideje is a fejlődés első időszaka, ezen belül változó: L1 fázisban volt mérhető 2019-ben és 2020-ban Soroksáron, bimbózáskor 2019-ben Egerben, virágzáskor 2020-ban Egerben. A FRAP maximuma 2019-ben mindkét helyen L1 fázisban volt mérhető, 2020-ban Egerben VK, Soroksáron L1 hajtásból.

EGR3-nál L1 hajtás a maximális AO aktivitású és TPC-tértékű minden esetben.

DOM legmagasabb TPC értékű mintái szintén mindkét helyen L1-ek. Az AO mutatók maximuma általában egybeesik ezzel, az egyetlen kivétel a 2019-i egri EC₅₀ értékek minimuma, ami VK mintából volt mérhető. (235 mg/l). A T minták minden klónbangyenge AO értékeket és kis TPC-t adnak. Az anyagcsere fő iránya ekkor valószínűleg eltolódik a termésérési folyamat következtében a hajtás polifenoljai rovására. Az újrasarjadzott vegetatív hajtások (L2) esetenként megközelítik a tavaszi ugyanilyen fázisúakét, máskor viszont alacsonyok, azaz sem klón, sem termőhely szerint nem követnek tendenciát.

5.2.1.2. A kísérleti növények polifenol összetevői

A két termesztő terület mintáiban a vadon termő állományokhoz képest többféle fenoloidot tudtunk azonosítani. A mindkét termőhely mintáiban kimutatott fő összetevők vegyülettípusonként a következők: RA és kávésav (*hidroxifahéjsavak*); eriocitrin és heszperidin (*flavanonok*); lonicerin, cinarozid és diozmin (*flavonok*). Egy, e hét vegyületet és egyes ismeretleneket is tartalmazó minta kromatogramját mutatja a 14. ábra.



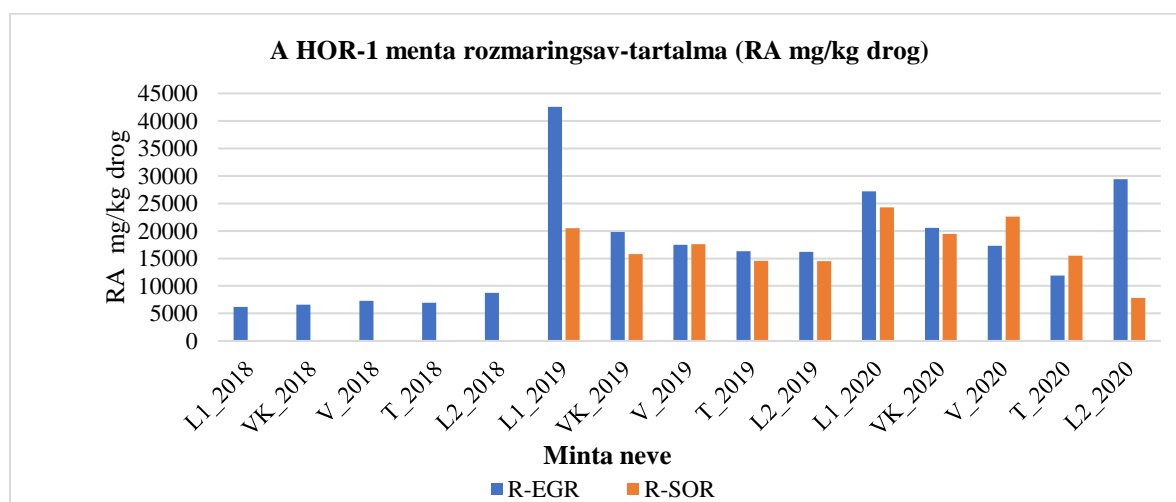
14. ábra 2020-i, egri HOR2L2 minta kromatogramja, 0-40 perces részlet. A kromatogram fejlécén HV2 = HOR2. $\lambda = 300$ nm. Az eluáló anyagok időrendben: $t_R=5,910$ min.: kávésav. 12,297 min.: eriocitrin. 13,491 min.: lonicerin. 13,974 min.: cinarozid. 19,727 min.: ismeretlen, UV-színképe alapján apigeninglikozid. 23,456: ismeretlen, 24,254 min.: RA. 25,657: heszperidin. 26,375 min.: diozmin. 33,771 min.: „Ismeretlen B”.

Jelentkezett egy flavonol is, a kvercetin-3-O-glükozid vagy izokvercitrin. Ez viszont csak HOR1, HOR2 és EGR3 VK, illetve V hajtásában volt detektálható és csak Egerben, 2019 és 2020-ban. Amellett, hogy a megjelenése nem rendszeres, koncentrációja mindig kicsiny, <500 mg/kg. Ezért a polifenol-összetételre vonatkozó további elemzésekben és statisztikai vizsgálatokban nem számoltam vele.

5.2.1.3. A klónok polifenol-összetétele a két termőhelyen az egyes évjáratokban

A) A *HOR-1 menta összetétele a két termőhelyen, 2018-2020*A növény elsősorban rozmaringsav- (egyetlen, kiugró értéket kivéve max. 25 000 mg/kg drog) és heszperidin-alapú (max. 7000 mg/kg). Utóbbiban az öt klón közül a legdúsabb. A többi azonosított flavonoidot is termeli, de alacsony (<3000 mg/kg drog) koncentrációkban.

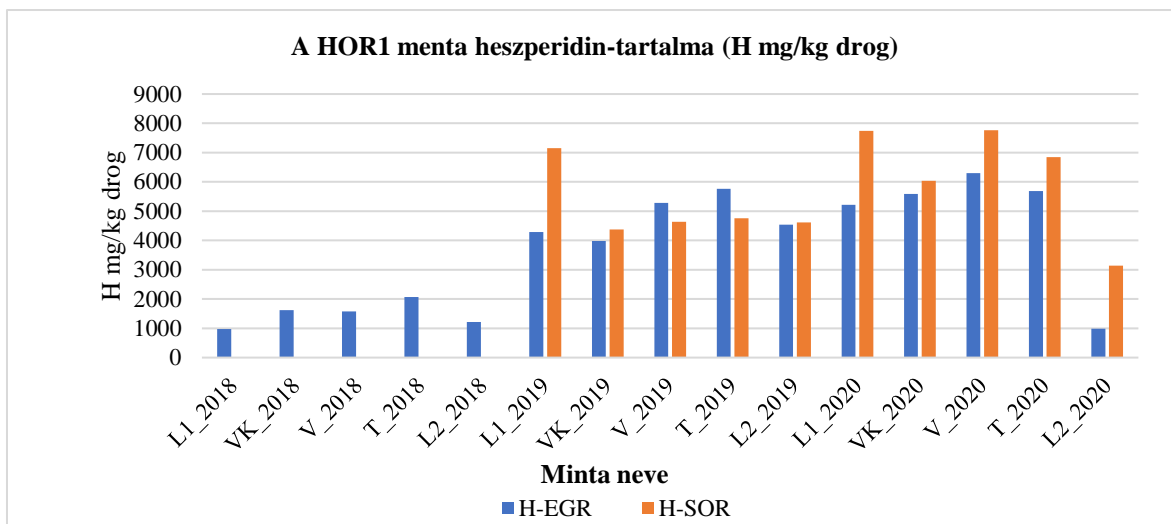
A 2018-as évben *Egerben* a legalacsonyabb RA-tartalmú az öt klón közül. A koncentráció 2019-ben 1,85-3-szorosára növekszik, egy kiugrót kivéve: ezt a 2019. évi L1 hajtás adja (42 587 mg/kg), a klón legmagasabb RA-tartalmú mintája. A 2019-es RA-tartalmakat a növény a 3. évben növeli. *Soroksáron* az állomány RA-tartalma hasonló, mint az egri ültetvény 2-3. évében (a 2019 L1-t leszámítva): így az 1. évről a 2.-ra itt is figyelhető meg növekedés, de csak 1,0-1,3-szoros. A növény AO adatai között tárgyalt, magasabb értékek a 2019-es egri L1 mintájában a RA-koncentráció emelt szintjéhez köthetők. Általában, AO tulajdonságai ingadozásának (EC₅₀ 410-949) egy oka lehet a RA koncentrációjának hullámzása (15. ábra).



15. ábra A HOR-1 rozmaringsav-tartalma a két termőhelyen

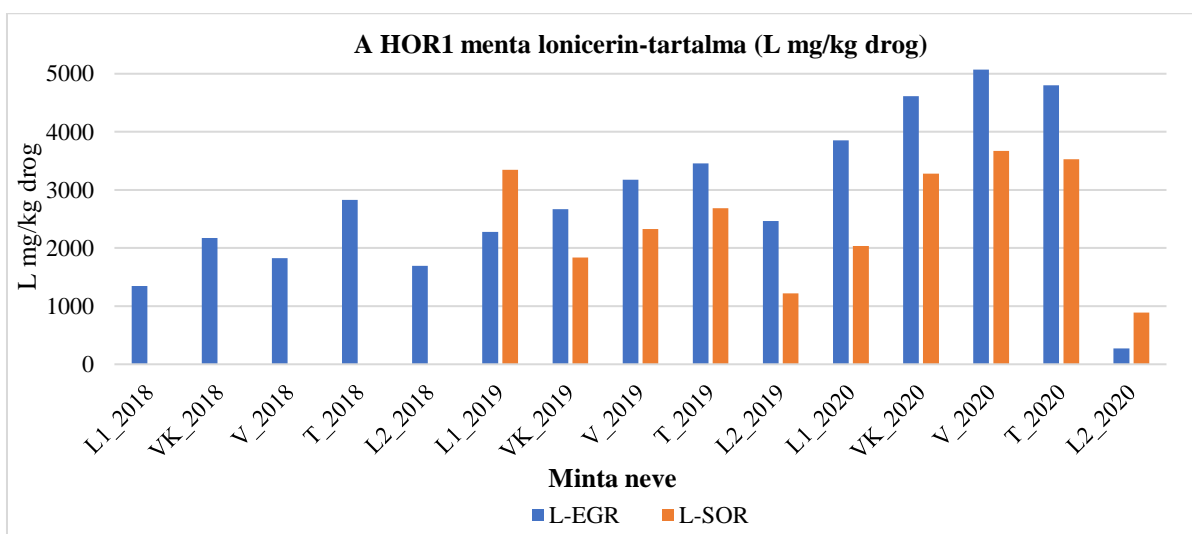
Eriocitrin HOR-1 *Egerbe* telepítése évében nem tartalmaz. 2. évében 0-629, harmadik évében pedig 0-1654 mg/kg-t. *Soroksáron* első évben (2019) a kihajtás után (L1) van jelen 1118 mg/kg, majd eltűnik, 2020-ban a vegetációs időszak első felében (L1, VK, V) kimutatható, 2000 mg/kg alatt.

Heszperidin (16. ábra): *Egerben* a 2. évben az 1. évi értékek megnégyszereződnek, a harmadik évben pedig szinten maradnak, az L2-ből mért 982 mg/kg-tól eltekintve. *Soroksáron* a heszperidintartalom az összesen tíz mintából nyolcszor közelítően egyenlő az egri vagy magasabb annál; a növények korkülönbsége ellenére. Itt is volt koncentrációnövekedés a második termőévben.



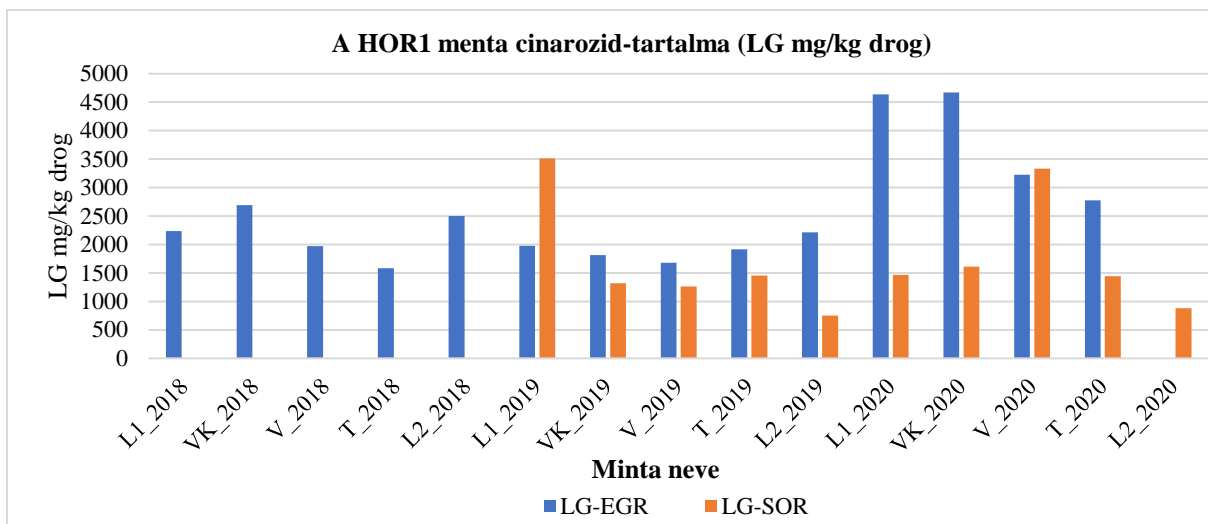
16. ábra A HOR-1 heszperidin-tartalmának alakulása a két termőhelyen

Lonicerin az 1. éves *egri* mintákban (2018) 1345-2828 mg/kg van. Ez a 2 évben a 1,5-2szeresére nő; s a 3. évben is ilyen ütemű növekedés mérhető (kivételem a 3. évi L2 minta, 270 mg/kg). *Soroksáron* a lonicerin legtöbbször 800-1500 mg/kg-mal alatta marad az egrinek, de növekedés a növények korával itt is megfigyelhető. A két termőhelyen a lonicerin-tartalom 2019-2020-ban párhuzamosan ingadozik, az élőhelyi és korkülönbségek ellenére (17. ábra).



17. ábra A HOR-1 lonicerin-tartalmának alakulása a két termőhelyen

HOR-1 cinarozidtartalmában *Egerben* – a többi flavonoiddal ellentétben – érdemi növekedés csak 3. évben mérhető. Az esetek többségében Eger növényeiben termelődött több cinarozid, rendre 1000-1800 mg/kg-mal. Az adatokat a 18. ábra mutatja.



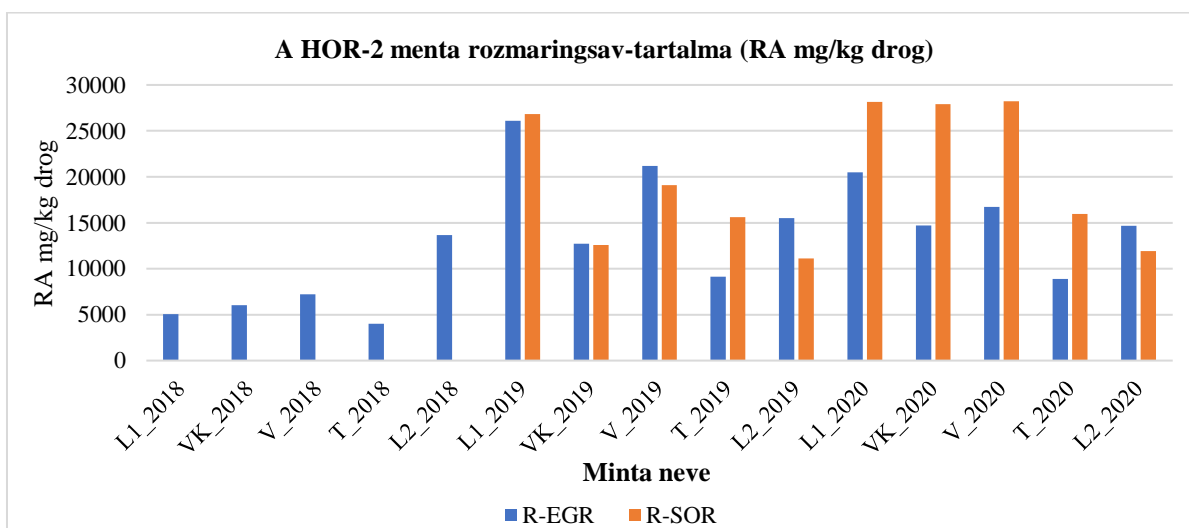
18. ábra A HOR-1 cinarozid-tartalmának alakulása a két termőhelyen

A diozmin koncentrációja Egerben végig változókéony, 2000 mg/kg alatti, és, nem lehet egy-egy vegetációs cikluson belül sem tendenciákat megállapítani. Soroksáron az ültetés évében ki sem mutatható és utána is csak két mintában (2020 VK és L2) jelent meg.

B) A HOR-2 menta összetétele a két termőhelyen, 2018-2020.

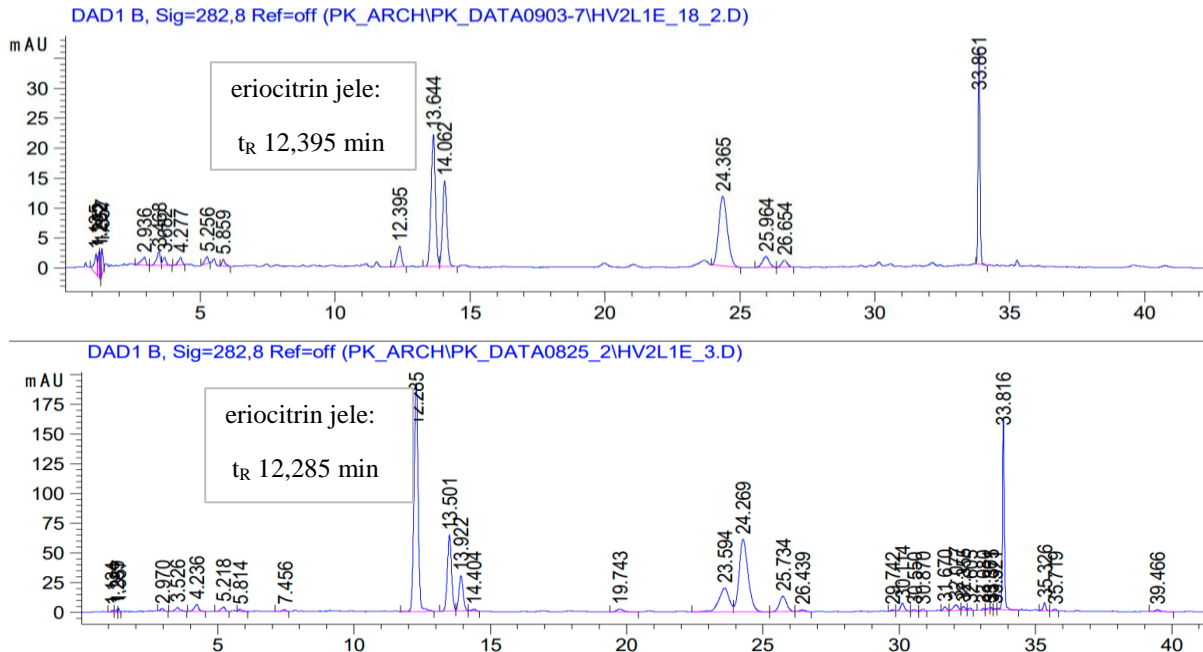
Az öt klón közül legdúsabb flavonokban és eriocitrinben, de jelentős koncentrációban termel RA-at is. Összetételét nagyban változtatja életkora, illetve termőhelye szerint.

A növény RA-tartalma (19. ábra) *Egerbe* telepítésekor (2018) a második legalacsonyabb, 4011-13643 mg/kg. Ez 2019-ben 1,1-2,9 szeresére emelkedik, kivéve a L1 hajtást, ahol a növekedés aránya 5,2-szeres. 3. évében ugyanebben a nagyságrendben tartalmaz RA-t. *Soroksáron* a RA a kísérlet kezdetétől fogva fő összetevő, mindkét évben hasonló (10-27000 mg/kg drog) koncentrációban.

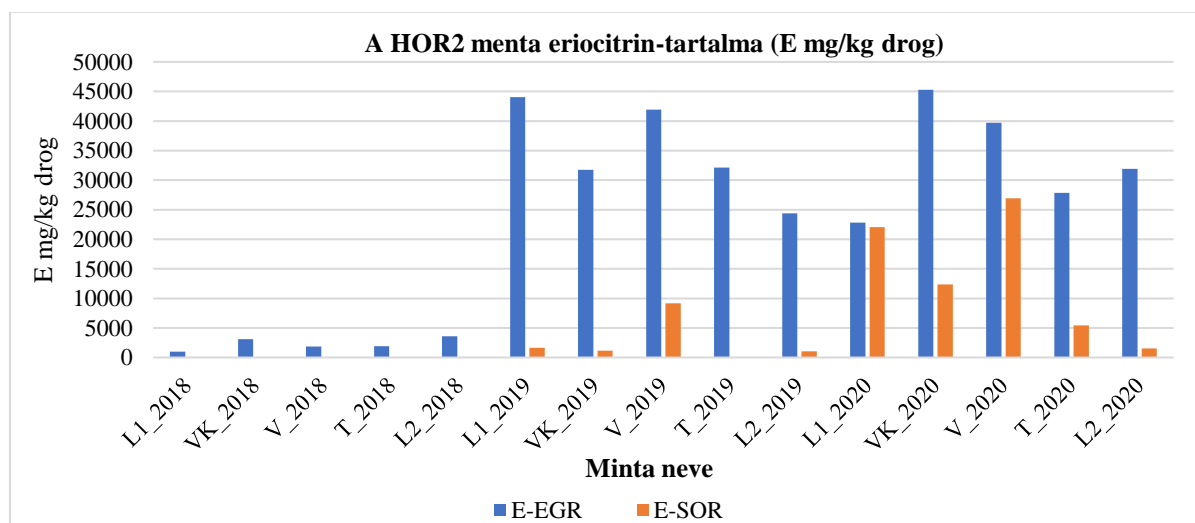


19. ábra A HOR-2 rozmaringsav-tartalmának alakulása a két termőhelyen

Eriocitrinben a növény *egri* állománya az 1. évről a 2.-ra a teljes termesztési kísérletben tapasztalt legdrasztikusabb koncentrációváltozást adja: 2018-ban 982-3564, 2019-ben pedig 24400-44056 mg/kg mérhető. A növekedés így fenofázistól függően legalább 8-10-szeres, de ha a két év L1 mintáját nézzük, *negyvenötszörös*. Ezek kromatogramját mutatja a 20., a koncentrációkat pedig a 21. ábra.



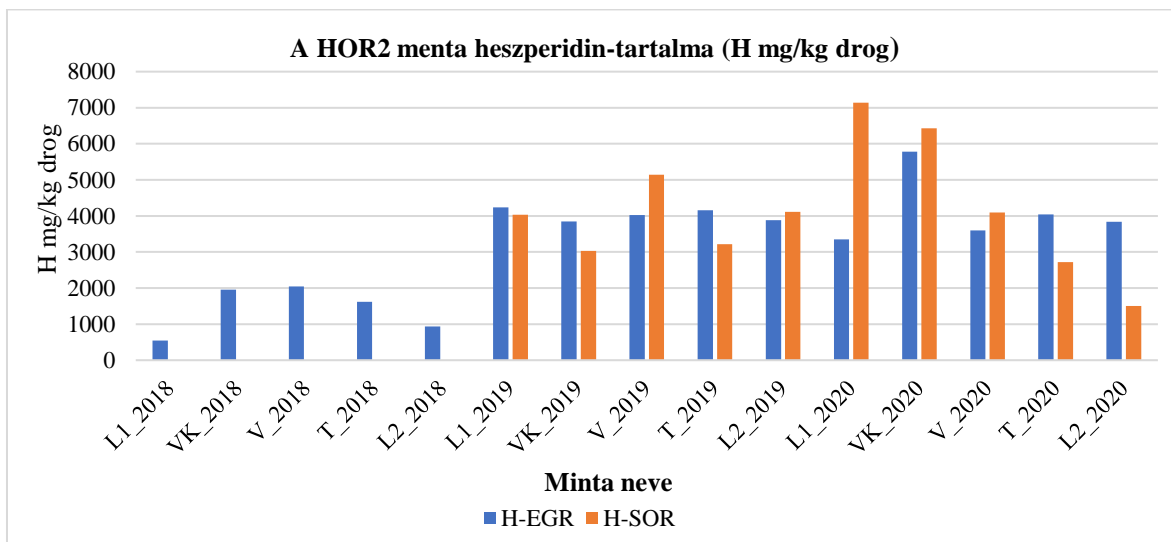
20. ábra Fent: HOR2 L1 mintája, 2018-as és lent: 2019-es évből. A kép a 282 nm-en készült kromatogram 0-40 perc közti részlete; HOR2-t 'HV2' jelölte. A két minta közös összetevői még: kávésav (fent: 5,859 ill. lent: 5,814 min), lonicerin (13,644/13,501 min), cinarozid (14,062 min/13,922 min); RA (24,365 min/24,269 min); heszperidin (25,964 min/25,734 min); diozmin (26,654 min/26,439 min); végül Ismeretlen „B” (33,861 min és 33,816 min.). A 2019. évi mintában izokvercitrin csúcsát is látni (14,404 min).



21. ábra. Eriocitrin koncentrációjának mozgása HOR2-ben a két termőhelyen 2018-2020

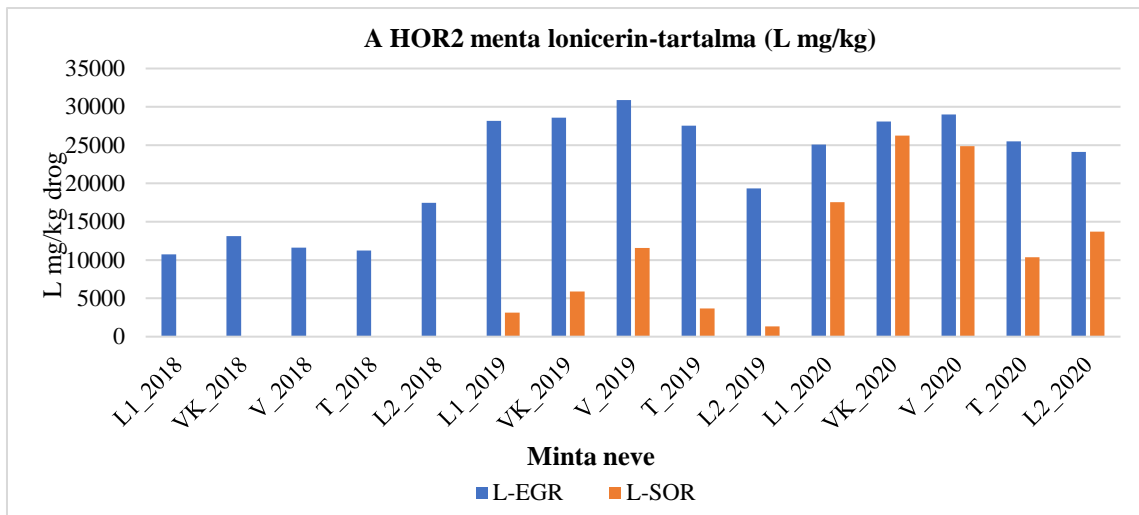
Jellemző, hogy az eriocitrin aránya az azonosított vegyületek közt az első évi 8-10%-ról 35-41%-ra nő. (3. évben (2020) ezt tartja). A növény eriocitrintermelése *Soroksáron* hasonló életkori mintát követ, mint *Egerben*, viszont jelentősen szűkebb tartományban (<27000 mg/kg) mozog.

A HOR2 heszperidin-koncentrációja *Egerben* az 1. évben 544-2042 mg/kg. Ezután négy-nyolcszoros növekedést mutat (fenofázis-függetlenül), a harmadik évben pedig ezt tartja. *Soroksáron* viszont a 2. évben csak az intenzív növekedés, hajtásképzés fázisaiban (L1-V) nagyobbak a heszperidin-koncentrációk 1. évinél. Ezeket az adatokat a 22. ábra mutatja.



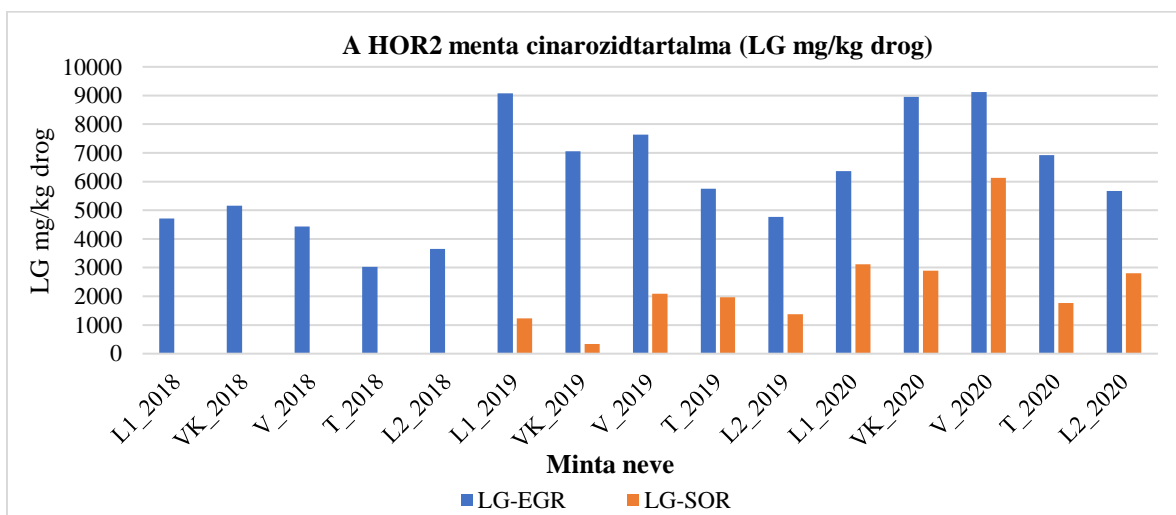
22. ábra. Heszerperidin (H mg/kg drog) koncentrációjának mozgása HOR2-ben a két termőhelyen

A lonicerin a növény *Egerbe* ültetésekor az azonosított vegyületek 47-76%-át adja; koncentrációja 10725-17481 mg/kg. Noha dominanciája 2. évtől megszűnik (aránya 8-41%-ra esik), koncentrációja a 2. évben 1,9-3-szor magasabb, mint a telepítés évében. A 3. évben e tartomány felső 50%-ába eső értékeket tart. *Soroksáron* a HOR-2 első évi lonicerin-tartalma a klón legalacsonyabb értékeit képviseli (1319-11580 mg/kg), míg ez évben (2019) egri állományából a klón maximumait mértük. 2. évében (2020) viszont Soroksáron is nő a lonicerintartalom, a 2019-i értékek 2,1-5,6-szorosára. Ezzel együtt, HOR2 lonicerin-termelése a 2019-2020-as évben végig *Egerben* magasabb: kb. 1500-25 000 mg/kg koncentrációkülönbség látható a két ültetvény között (23. ábra).



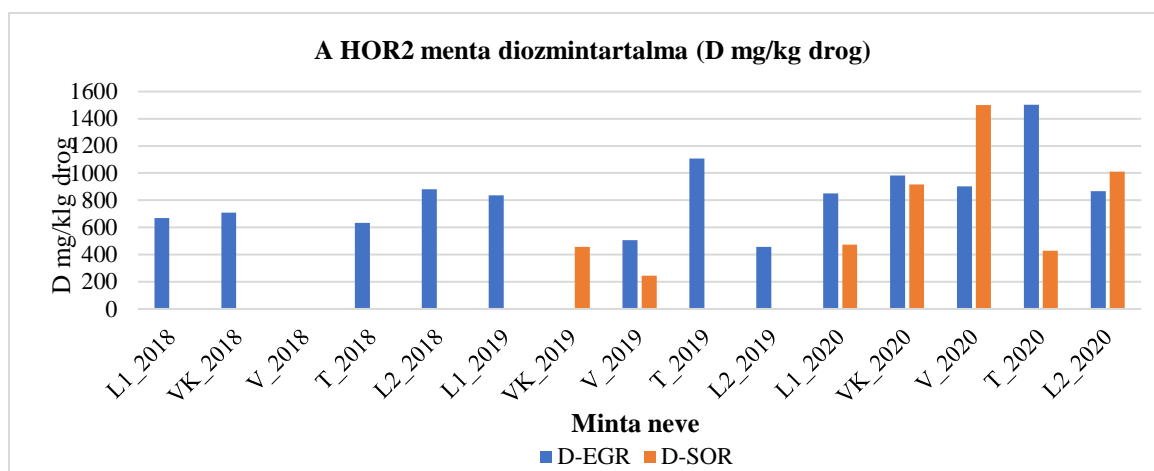
23. ábra Lonicerin koncentrációja HOR2-ben a két termőhelyen, 2018-2020

A többi klónnal összevetve, már *Egerbe* ültetése évén a legnagyobb cinarozid-koncentrációt mutatja (3029-5156 mg/kg). 2. évben a cinarozid koncentrációja kb. megkétszereződik és a 3. évben egy mintapár (L1) kivételével még 1-1,2-szeres növekedést mutat. HOR2 egri 3. évi V mintájának cinarozidtartalma adja a termesztési kísérlet maximumát (9116 mg/kg drog). *Soroksáron* is HOR2 a legdúsabb cinarozidban az öt klónból. Hasonló a koncentrációnövekedés mértéke is 1.-ről 2. évre, mint Egerben. Ám értékei végig min. 30%-kal alatta maradnak az egri növényekéinek (24. ábra).



24. ábra Cinarozid koncentrációja HOR-2-ben a két termőhelyen, 2018-2020

A HOR2 flavonoidgazdag voltának egy további jele, hogy diozmin is e klón mintáiban lehetett leginkább rendszeresen és relatíve legnagyobb mennyiségben mérni (25. ábra).



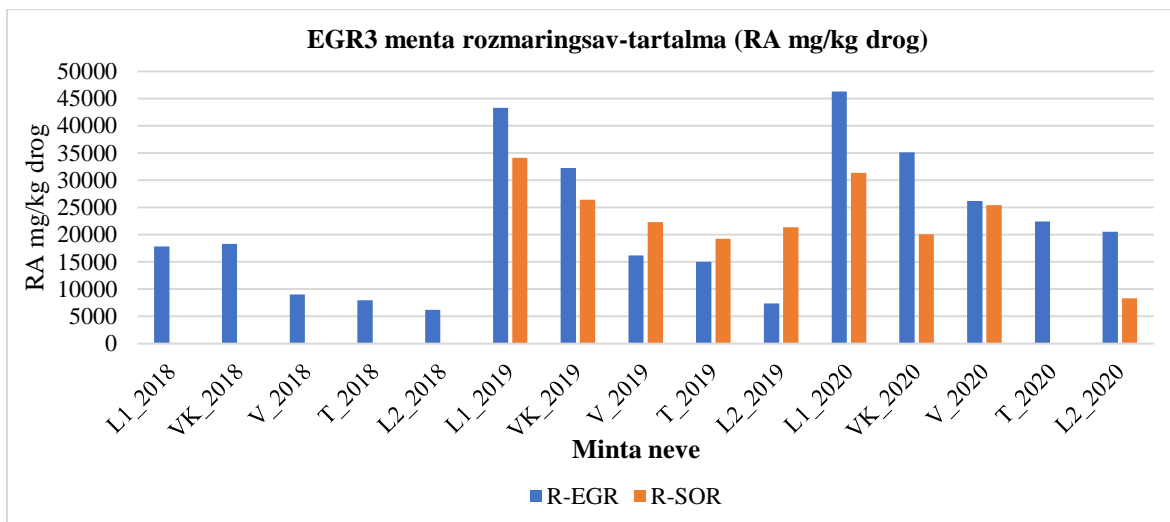
25. ábra Diozmin koncentrációja HOR2-ben a két termőhelyen, 2018-2020

Összességében, a HOR2 Egri állományának 1. évében luteolin-túlsúlyú profilja (azonosított polifenoljai 63-93%-át a lonicerin és cinarozid adta) a 2. évben eriocitrinen, lonicerinen és rozmarinsavon együtt alapuló összetételre váltott, és a továbbiakban ezt tartotta. Soroksáron RA kezdettől fogva főösszetevője, az eriocitrin viszont itt is csak 2. évtől lesz az. Összetételének ez – a többi klónokénál nagyobb mértékű – változékonysága termőhely szerint a HOR2 erős alkalmazkodóképességére utalhat. Egerben és Soroksáron is, a RA-és eriocitrin-tartalom 2. évi emelkedésével az EC₅₀ értékek csökkenése figyelhető meg. Egerben ezt a FRAP-értékek kb. 1,2-1,5-szeres emelkedése is kíséri.

C) Az EGR3 menta összetétele a két termőhelyen, 2018-2020

Az EGR3 összetétele is RA-on (helyfüggően max. 34-46 000 mg/kg-ig) és heszperidinen (kb. 5000 mg/kg-ig) alapul. A többi flavonoidot is mind termeli, de kisebb (<5000 mg/kg) koncentrációkban.

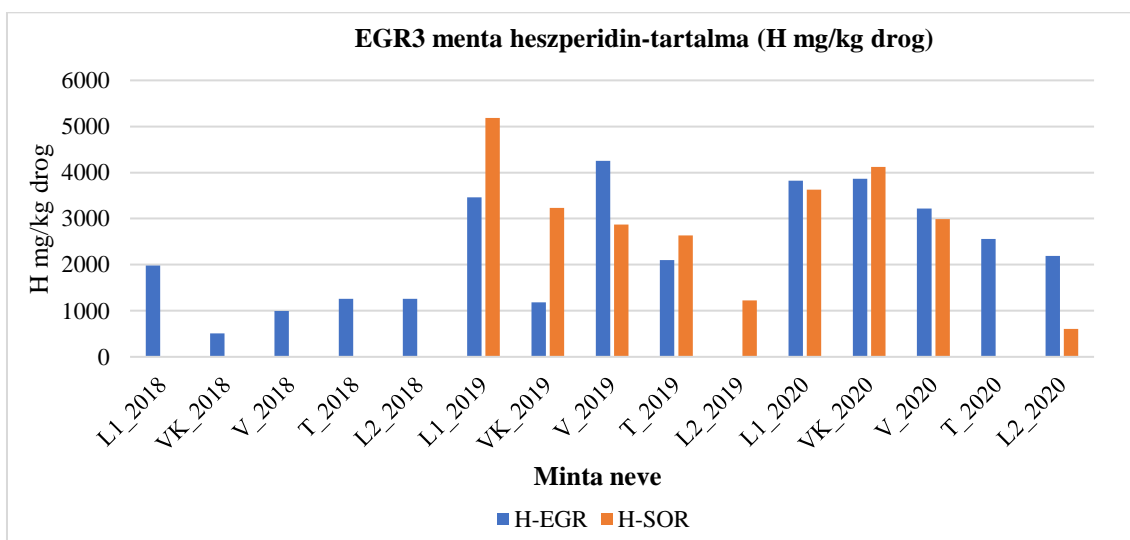
Rozmaringsav-tartalma (26. ábra) az *Egerbe* telepítése évében 6266-18311 mg/kg. 2. évben egyszerre hely-, évjárat-és fenofázisfüggő mintázat figyelhető meg ebben. L1 hajtásban 43277 mg/kg RA volt mérhető (az előző évi L1 2,4-szerese) s ez egyenletesen esik a L2 mintából mért 7353 mg/kg-ig. 3. évben további, fenofázisfüggő (1-3-szoros) növekedés tapasztalható. A klón egri 3. évi L1 hajtásából adja a legnagyobb RA-koncentrációt, 46 292 mg/kg-t. *Soroksáron* a növény RA-tartalma mindkét évben magas, maximuma L1 hajtásban mérhető. A termőhelyek közötti különbség iránya nem egyértelmű. Annyi látható, hogy Soroksáron kb. 9000-13 000 mg/kg drog -mal kisebbek az éves (L1 hajtásból mérhető) koncentráció-maximumok (az EGR3 klónnál ez hasonló viselkedés a HOR1-nél tapasztalhatókhöz).



26. ábra EGR3 rosmaringsav-tartalma a két termőhelyen, 2018-2020

Eriocitrinben az EGR3 igen szegény, ez a vegyület is minden mintájából mutatható ki. *Egerben* a növény 1. éves mintáiban nem volt jelen, 2.-3. évben rendszertelenül: 0-380 mg/kg, illetve 0-2249 mg/kg. *Soroksáron* e szempontból EGR3 a HOR1-hoz hasonlóan viselkedik: első évi L1 mintájából 1000 mg/körüli az eriocitrin-tartalom, majd az év hátralévő részében nincs jelen. 2. évi mintáiban 214-1315 mg/kg eriocitrin-tartalmat mutattunk ki.

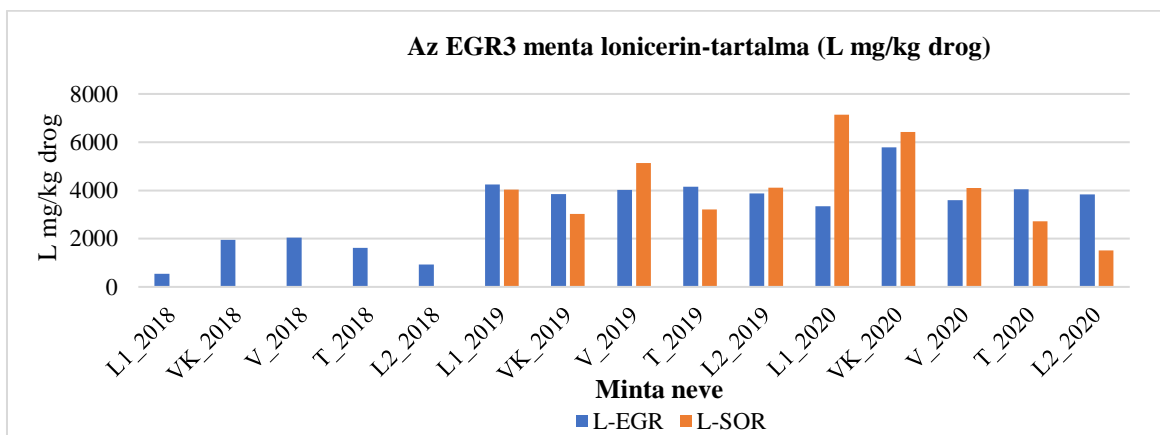
Heszperidin-tartalma (→27. ábra) mindkét termőhelyen nagyon ingadozó. *Egerben* az 1. évben 512-1978 mg/kg, ami következő évben fenofázistól függően 2-8-szorosára nő, de az L2 mintában jelen sincs. *Soroksáron* legtöbb esetben a heszperidintartalom ugyanakkora vagy nagyobb, mint az egeri ültetvény azonos évi mintáiból, az növények közti korkülönbség ellenére.



27. ábra Az EGR3 klón heszperidin-tartalma a két termőhelyen, 2018-2020

A növény lonicerin-tartalma az *Egerbe* telepítés évében 544-2042 mg/kg, ez 4-8-szoros növekedést mutat az ültetvény 2. évében. *Soroksáron* a növény az egri 2. éves növényekéhez hasonló koncentrációviszonyokat mutat – korkülönbségük ellenére. A két termőhely adatai között változó irányú, mértékű a különbség (28. ábra).

Ez nem vág egybe sem azzal, amit az EGR3-hoz hasonló flavonoid-összetételű HOR1-nél tapasztaltunk (nálá az egri állomány lonicerin-tartalma végig jelentősen magasabb a soroksárinál); sem pedig a flavondús HOR2 klón viselkedésével (aminek az esetében, mint láttuk, az eriocitrin és a 3,' 4'-hidroxiflavonok koncentrációi szintén Egerben magasabbak).



28. ábra Az EGR3 klón lonicerin -tartalma a két termőhelyen, 2018-2020

Az EGR3 klón cinarozidban szegény. Cinarozid-tartalma *Egerben* első évben 0-2060 mg/kg, ami 2. évben nem (0-2545 mg/kg), csak a 3. évre változik jelentősen (2040-5634 mg/kg). *Soroksáron* a növény cinarozidtermelése az 1.-2. évi egri adatokhoz hasonló, a növények korkülönbsége ellenére.

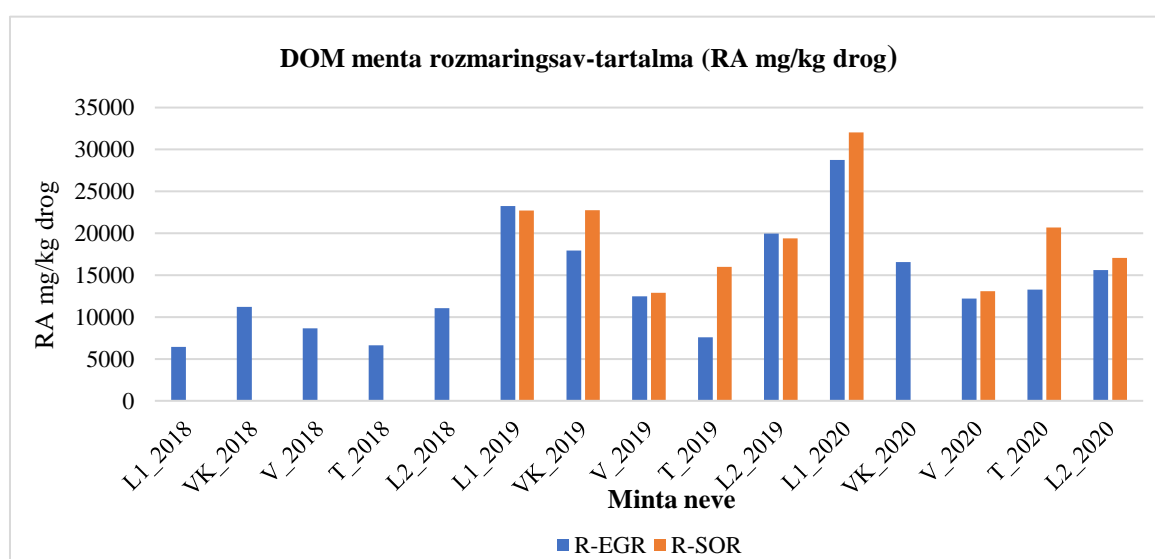
A diozmin megjelenése a növényben szintén mindkét termőhelyen rendszertelen (a HOR1 klónhoz hasonlóan), a koncentrációk intervalluma 0-1300 mg/kg, kivéve egy kiugrót (egri _V_2019, 1922 mg/kg).

D) A DOM menta összetétele a két termőhelyen, 2018-2020

A DOM Ionicerinben gazdag klón (az ötből a második legdúsabb). Így a HOR2 mellett a másik flavonoidgazdag klónunk. Emellett rozmaringsavban is gazdag.

Első egri évében 6442-11217 mg RA/kg mérhető, 2. évben ez 1,1-1,4-szeresére nő – kivéve az L1 mintapárban, ott a növekedés 3,6-szoros. Ezt az intervallumot 3. évben megtartja. (0,92-1,75-szörös változás fenofázistól függően).

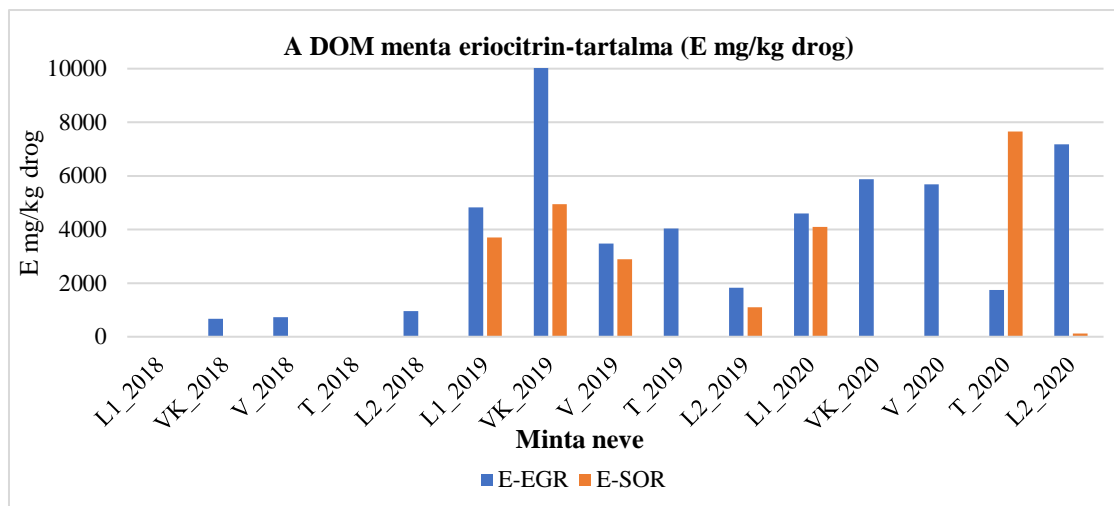
Soroksáron 1. évben (2019) az ugyanezen évi egri mintákéhoz hasonló koncentrációt mutat (a korkülönbség ellenére!) és ez 2. évében (2020) 0,87-1,41-szeresen változik fenofázisfüggően (29. ábra).



29. ábra A DOM menta rozmaringsav-tartalma a két termőhelyen

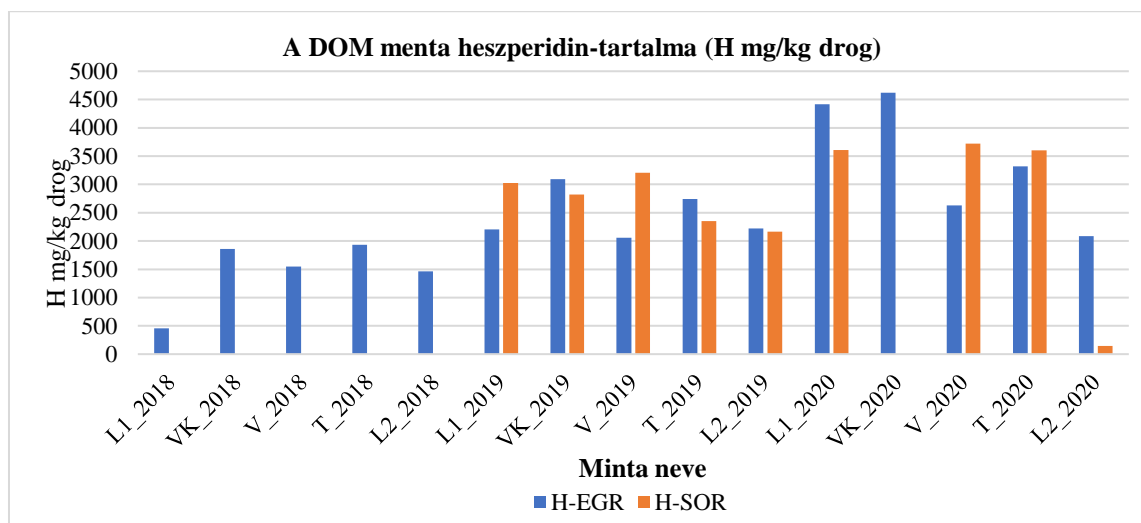
A DOM eriocitrinben is a második leggazdagabb klón az öt közül (30. ábra).

Egerbe telepítésekor 0-950 mg/kg eriocitrin mérhető. A 2. évben (2019) ez 4-8x-osára nő, kivéve a VK mintát, ott a változás tizenötszörös. Harmadik évben a koncentráció már csökken (ezzel a DOM eltér a HOR2-től, ami 3. évben tartja eriocitrin-koncentrációját). Soroksáron 1. évben (2019) a koncentráció visszaesik az ezévi egri mintákéihoz képest; ált., 25-50%-kal (de a termésérlelő mintában eriocitrin jelen sincs). 2. évben (2020) rendszertelenül mutatható ki (0-7657 mg/kg). A DOM klón így annyiban hasonlóan viselkedik a HOR2 klónhoz, hogy Egerben többet termel eriocitrinből, illetve, hogy 2. éves korától kezdi felhalmozni ezt a flavanont. De, HOR2-vel éles ellentétben, nála ez sem koncentrációjában (max. 10025 mg/kg), sem %-arányban (kb. 0,5-15%) nem válik meghatározó komponenssé.



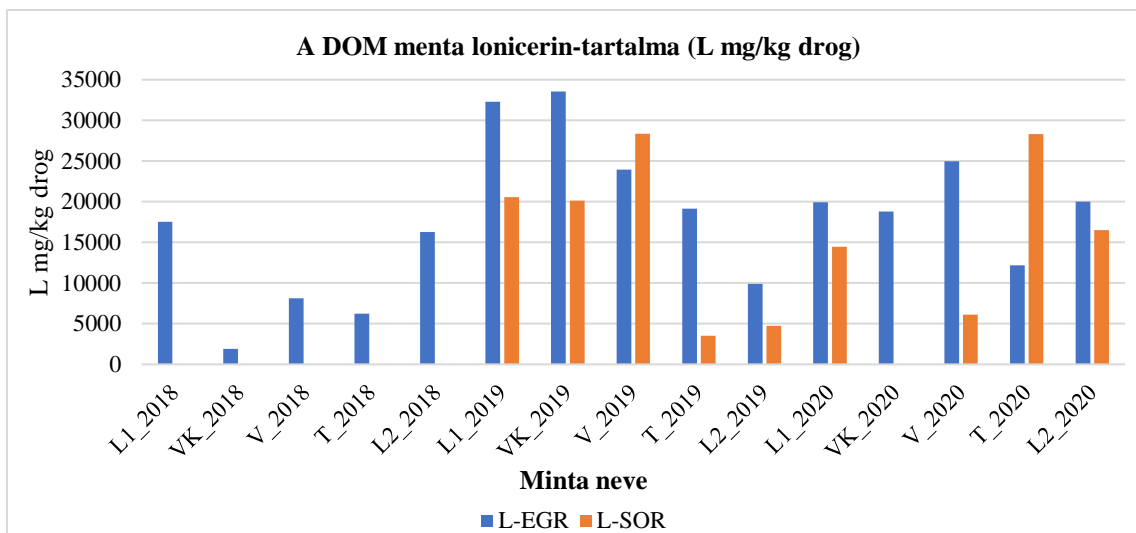
30. ábra. A DOM klón eriocitrin-tartalmának alakulása a két termőhelyen.

Heszperidintartalma 2018-ban Egerben 497-1935 mg/kg, ez a 2. évben kb. másfélszeresére emelkedik, kivéve a L1 hajtást, ahol a növekedés 4,8-szoros. A növekedés a 3. évben hasonló ütemű. Soroksáron a növény az első évben az egeri ugyanazon évi állományhoz mérhető heszperidin-tartalmú a korkülönbség ellenére. A heszperidin-tartalom az állomány 2. évében (2020), az Egerben tapasztalathoz hasonlóan, 1,2-1,5-szeresére nő (31. ábra).



31. ábra A DOM klón heszperidin-tartalma a két termőhelyen

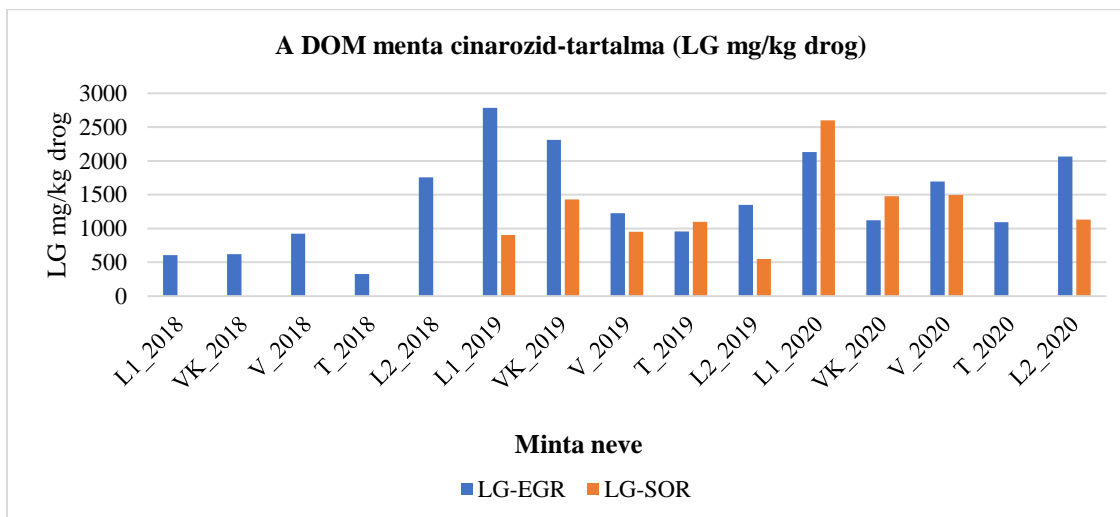
Lonicerin-tartalom: Az uralkodó luteolinglikozidból a DOM az *egri* 1. évben 1902-17512 mg/kg-ot adott. A 2. évben (2019) a minták többségére 2-3x-os növekedés látható. Ám ha a két év VK mintáit nézzük, a különbség *tizenhét-szeres*; a termesztési kísérletben feljegyzett második legnagyobb összetételbeli változás. A 3. évben a lonicerin-tartalom már esik (ebben a növény eltér a HOR2 egeri állományától). *Soroksáron* az 1. évben a DOM mintái két kisebb, nagyon eltérő csoportot alkotnak. Az év első felében (L1-V) a koncentráció 20125-28338 mg/kg, utána ötöd-hatodára esik. A 2. éves állomány azonban eltérő dinamikát mutat (32. ábra).



32. ábra DOM klón lonicerin-tartalma a két termőhelyen, 2018-2020

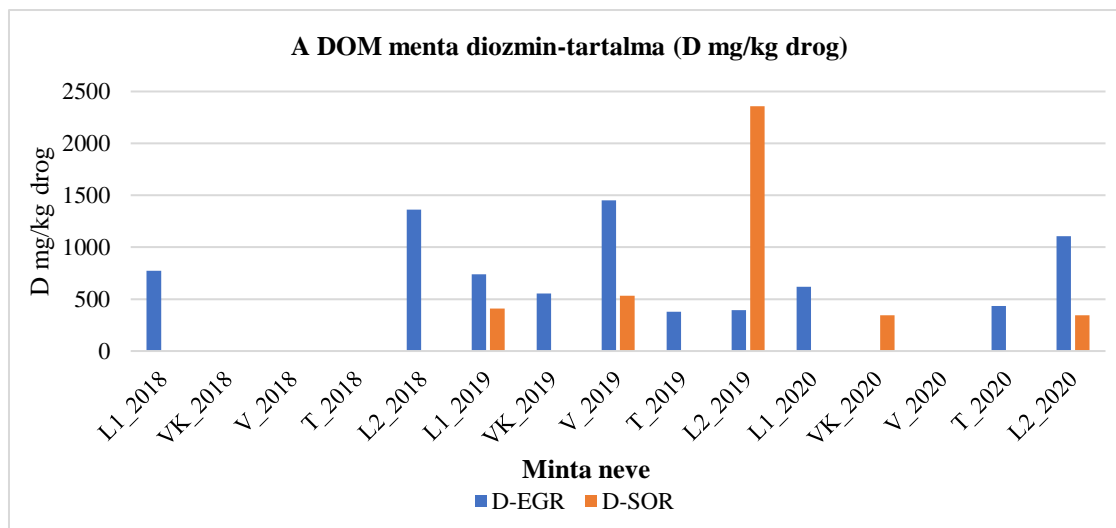
A klón cinarozid-tartalma (33. ábra) jelentősen alatta van a luteolin-glikozidokban legdúsabb HOR2 cinarozidtartalmának: végig kisebb, mint 5000 mg/kg drog).

Egerben a kezdeti 326-1759 mg/kg után 2019-ben (2. év) a 2-4-szeresére emelkedik, és ezt tartja. Soroksáron az 1. évben 550-1429 mg/kg koncentráció mérhető, ezt később tartja, kb. 5-20%-kal az egri értékek fölött, de ütemében hasonló éves mozgással.



33. ábra DOM klón cinarozid-tartalma a két termőhelyen, 2018-2020

Diozmint, nem rendszeresen, de kimutattunk belőle; végig viszonylag kicsiny (max. 1500 mg/kg Egerben és max. 2360 mg/kg Soroksáron) koncentrációval mindkét termőhelyen (34. ábra).



34. ábra DOM klón diozmin-tartalma a két termőhelyen, 2018-2020

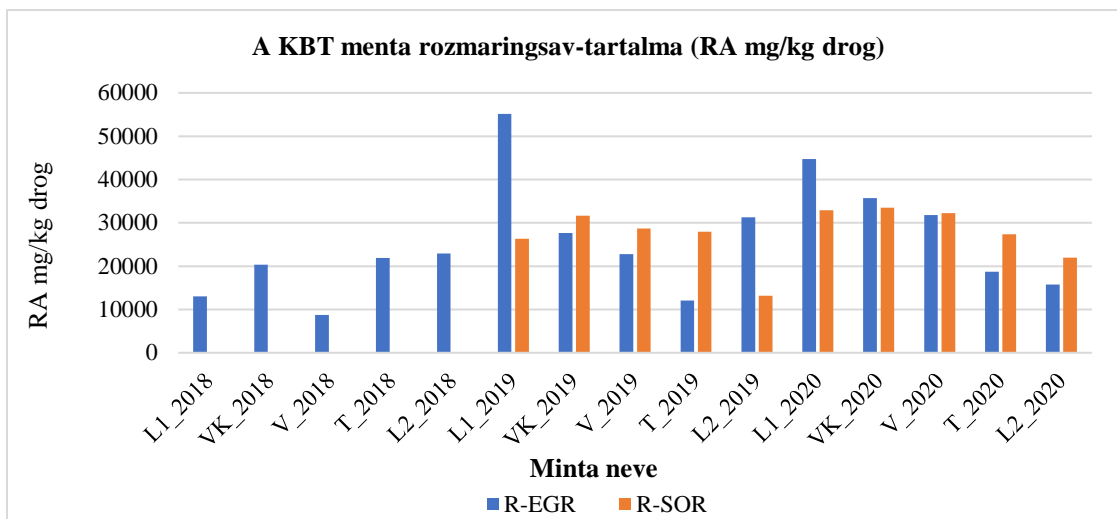
E) A KBT menta összetétele a két termőhelyen, 2018-2020

A növény HOR-1-hez és EGR3-hoz hasonlóan elsősorban RA-heszperidin alapú. Viszont eltér tőlük abban, hogy kifejezetten flavonoidszegény.

RA-tartalma (35. ábra) *Egerben* 2019-ben a kihajtás után (L1) 4,2-szeres növekedést mutat 2018 azonos mintájához képest. Ez az arány a vegetációs idő során csökken, de a növekvő tendencia megmarad és részben (VK, V, T hajtások) 3. évben is folytatódik.

A teljes kísérlet legnagyobb RA-tartalmú tételét is KBT egri állománya adja, ez a 2019 L1, 55148 mg/kg-mal.

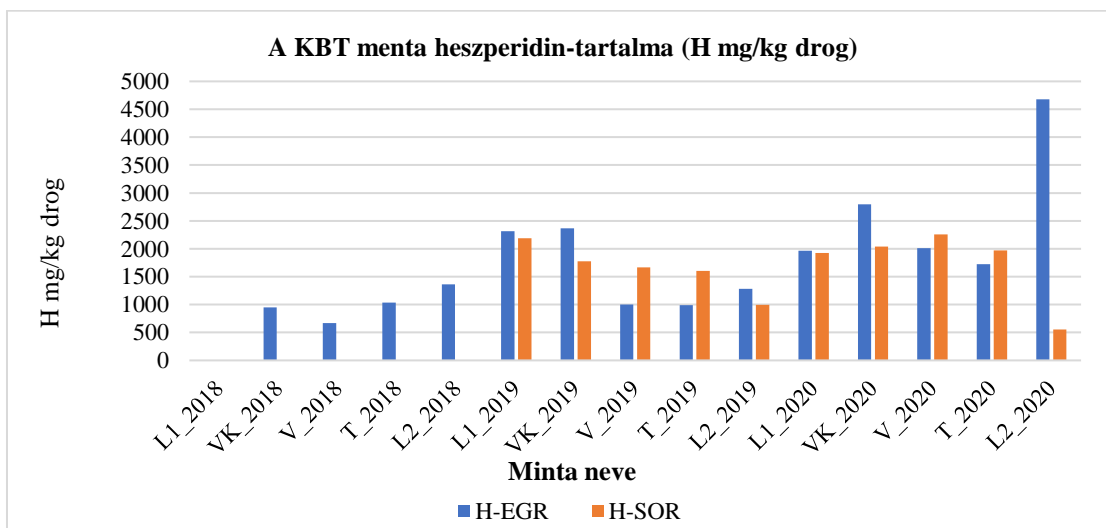
Soroksáron a növény RA-tartalma kiegyenlítettebb. Az 1. éves állományban (2019) 1,5-3-szor magasabb koncentrációk mérhetők, mint az egri 1. éves telepítésben (2018), így a 2. évi koncentráció-növekedés is kisebb mértékű. Nem jelentkeznek az Egerben 2019 és 2020 L1 mintáiból mért, 44-55 000 mg/kg értékű maximumok sem (a növény ebben hasonló termőhelyi különbségeket mutat RA-tartalmában, mint HOR1 és EGR3). Visszautalva KBT AOA-adataira, azt láthatjuk, hogy a legerősebb AO minták a legmagasabb RA-tartalmúak is (2019 L1_EGR, RA 55148 mg/kg és EC₅₀ 221 mg/l, 2020 L1 EGR, RA 44752 mg/kg EC₅₀ 269 mg/l).



35. ábra KBT klón rozmaringsav-tartalmának alakulása a két termőhelyen

Ez a klón eriocitrint nem tartalmazott. Ebben a többi négy klóntól klóntól eltérő.

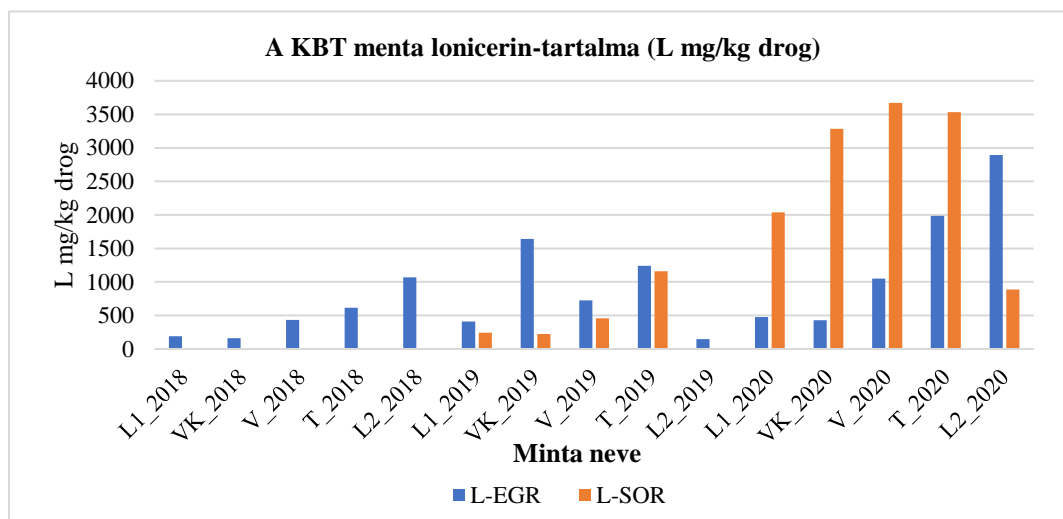
Heszperidintartalma (36. ábra) alacsony, általában 0-2800 mg/kg (kivétel az utolsó egri minta 4678 mg/kg-mal). *Egerben* a 2.-3. évében lassan emeli heszperidintermelését. 3. évi egri L2 mintája ismeretlen okból az összes többi KBT mintánál magasabb heszperidintartalmú (a mért 4678 mg/kg drog érték legalább a kétszerese a többinek). *Soroksáron* az egri 2019-i értékekhez hasonló tartomány mérhető mindkét évben (a növények korkülönbsége ellenére), de a koncentrációk különbsége változó irányú, nem kitüntetett egyik termőhely sem.



36. ábra KBT klón heszperidin-tartalmának alakulása a két termőhelyen

Lonicerintartalma *Egerben* 2018-ban 188-1070 mg/kg, a növény ezután ingadozásokkal, de növeli a koncentrációt végig a kísérlet során (37. ábra). *Soroksáron* ebben – ennek a flavonoidszegény típusnak a mércéjével – nagyon komoly változás történt: KBT 2020-i

mintáiban a lonicerintartalom fenofázistól függően 3-4-szeres a 2019-éhez képest. Ennek háttere ismeretlen.



37. ábra KBT lonicerin-tartalmának alakulása a két termőhelyen

Cinarozidot KBT állományából *Egerben* a 2018-i mintákból nem, 2019-ben és 2020-ban 2-2 mintából azonosítottunk. *Soroksáron* ez a flavon egyetlen mintában sem jelent meg. Diozmin szintén csak nyomokban volt kimutatható benne.

5.2.1.4. A klónok fenoloid összetételét befolyásoló környezeti tényezők

A RA-on és heszperidinen alapuló klónok (KBT, EGR3, HOR1) nagy (KBT, EGR3) vagy kiugró (HOR1) RA-koncentrációkat, 42-56 000 mg/kg-ot mutattak, *Egerben*, a 2019 évi tavaszi vegetatív (L1) hajtásokban Ezt a generatív szervek megjelenésekor (VK) gyors visszaesés követte. *Soroksáron* sem a 2019-es évben, sem a következőben – ami pedig az ottani állományok 2. éve – nem jelentkezik ilyen magas koncentráció.

A két flavonoidgazdagabb klón (HOR2, DOM) egri állományának reakciója nem ennyire éles, de szintén jelen van.

Ezek a tapasztalatok egyszerre utalhatnak termőhelyi, évjárat szerinti és a klónok egyedi reakcióitól függő hatásra. Az időjárási hatásokat elemezve megállapítható, hogy a nagy vagy kiugró RA-tartalmú 2019 L1 minták szedését megelőzően 1991 óta a leghidegebb és 1901-től a harmadik legcsapadékosabb május volt Magyarországon (Internetes hiv.- 8/OMSZ/Éghajlati visszatekintő, 2019; Internetes hiv.- 9/Varga, 2019).

2020 májusa pedig száraz, de szintén hűvös volt: a havi középhőmérséklet országosan 1,8 °C-kal alacsonyabb az átlagnál (Internetes hiv.-10 OMSZ/Éghajlati visszatekintő, 2020). 2019 májusában a havi hőösszeg *Egerben* 413,7 foknap, 2020-ban 422,6 (összehasonlításul, 2018 májusában 553,9).

Ugyanitt a hideg időhöz kimutathatóan társult fényszegénység is: napsütéses órák száma 2019 májusban 187,5, 2020-ban 217,1 óra (2018-ban ugyanekkor 297,1).

Az időjárási paramétereket illetően az egri termőhely összes mintáját (75 db) vizsgálatba véve, a hőösszeggel találtunk korrelációt. Gyenge, de szignifikáns negatív kapcsolat volt kimutatható a RA-tartalom és a mintavételt megelőző hét nap hőösszegével: $r_s = -0,298$, $p = 0,009$ (**). A mintavétel előtti 4 és 14 napos hőösszeg a RA koncentrációjával hasonló erősségű (rendre $r_s = -0,255$ és $-0,298$), bár csak $p < 0,05$ (*) szignifikanciaszintű negatív korrelációt mutat.

Ez arra utalhat, hogy az alacsony hőösszeg növelheti a RA-termelést a növényben. Kerti kakukkfű, valamint orvosi citromfű RA-termelésében figyeltek meg korábban hasonló tendenciát Németh-Zámboriné et al. (2019). A hűvös éghajlatú poznáni (Lengyelo.) termőhelyen mindkét faj, mindegyik vizsgált fajtájának állományában magasabb volt a RA-tartalom, mint ugyanazoknak a növényeknek budapesti állományában.

Hasonló korreláció az azonosított flavonoidok és a termőhelyek időjárási paraméterei között nem volt kimutatható. Tapasztalatunk szerint viszont a két termőhelyen egyes flavonoidokban mégis volt helyhez kötött koncentráció-különbség, és ez egyszerre függött a klóntól és az adott vegyülettől is. Így eriocitrinből HOR2 és DOM egri állománya halmozott fel jelentősen többet (KBT nem termel eriocitrin, EGR3 rendszertelenül).

A másik flavanon összetevő, a heszperidin koncentrációjában nem volt egyik klónban sem állandó, helyhez kötött koncentráció-különbség.

Lonicerinből pedig HOR1, HOR2 és DOM is szintén Egerben termelt többet. Nem figyelhető meg viszont ugyanez a tendencia EGR3 és KBT esetén.

5.2.1.5. Az egyedfejlődés és a klónok fenoloid-összetétele – 1. A fenofázisok hatása

A jellegzetes, évente ismétlődő mintázatok a növények eredeti élőhelyéről Egerbe telepítése évében még nem mutathatók ki, 2019-2020-ban azonban mindkét termőhelyen felismerhetők.

A) Rozmaringsav-tartalom ciklusos változása az egyes klónokban

A RA a HOR1, HOR2, EGR3 és DOM klónokban helytől és évjáráttól függetlenül a tavaszi vegetatív hajtásban (L1) éri el koncentrációja maximumát. KBT esetében Egerben mindkét évben L1, Soroksáron VK fázisban tetőzik. L1 fázis után általánosan megfigyelhető a RA-tartalom csökkenése, ennek üteme és a minimum megjelenése klóntól függő módon változik mindkét helyen. HOR2-nek pl. a többi klónétól elütő jellegzetessége, hogy virágzáskor RA-tartalma megemelkedik a VK fázishoz képest.

A második vegetatív fázis újrakihajtáskor egyes esetekben újból emelkedést mutat. Mivel azonban ez nem általános, a korai fenofázis mellett valószínűleg más tényező is közrejátszik a tavaszi vegetatív hajtások magas RA-szintjében.

B) Eriocitrin-tartalom változásai

E vegyület felhalmozódása nem mutat olyan egyértelmű, periodikus változásokat, mint a RA-é. Megfigyelhető viszont, hogy maximuma VK (pl. HOR2, Eger, 2020, DOM, minden mintasorából) vagy L1 (pl. HOR2, Eger, 2019, HOR1, mindegyik mintasorából), vagy ritkán V mintából mérhető, tehát a vegetációs ciklus első felében, amikor a polifenolszintézis a TPC alapján is erőteljesebbnek bizonyult. Az eriocitrin termelés tehát eredményeink szerint kevésé függ a növény ontogenetikai fázisától.

C) Lonicerin-tartalom változásai

A mintákban a legtöbb esetben vagy virágzáskor (pl. DOM Soroksár és Eger, 2019, Eger, 2020, HOR2, Eger mindkét évben, Soroksár 2019, EGR3 Soroksár, mindkét év,) vagy bimbózáskor (pl. DOM, Soroksár, 2020, HOR2, Soroksár, 2019, EGR3 Eger, 2020) ér el maximumot. Kevesebb esetben, L1 hajtásból (EGR3 Eger, 2019 és Soroksár, 2020). Kivétel az elmondottak alól HOR1, ennek lonicerintartalma rendszeresen L2 -ben legnagyobb. Közös jellemző azonban, hogy termés érlelésekor (T minta) minden klónban visszaesik a szintje.

A *heszperidin*, a *cinarozid* és a *diozmin* koncentrációjának változásaiban nem lehetett fenofázishoz köthető mintázatokat megfigyelni.

5.2.1.6. Az egyedfejlődés és a klónok fenoloid-összetétele – 2. Az életkor hatása

Mindegyik klónban, legtöbb esetben mindkét helyen, jellemző, hogy a növény az ültetése utáni 2. évében nagyobb TPC értékű, több rozmaringsavat és lonicerint termel. Ez jelentkezik függetlenül attól, utóbbiból milyen koncentrációtartományban van jelen: a flavonoidokat gyakorlatilag nem termelő KBT mintáiban ugyanúgy, mint a loniceringazdag klónokban. A négy eriocitrin-tartalmú klón (HOR1, HOR2, EGR3, DOM) ezt az anyagot csak 2. évétől fogva halmozza fel. HOR1-nél és EGR3-nél ez az első évben ki sem mutatható. Ha a 2. évet megkezdő növényt áttelepítettük, az eriocitrin-tartalom egész évre visszaesett (vö. HOR2 2019-i évjáratának adatait Egerben és Soroksáron), sőt, két klónból az L1 mintát kivéve többször ki sem mutatható azévből (ld. HOR1 és EGR3 2019-i adatait Soroksáron).

A másodéves kor után egyes polifenolok koncentrációja legtöbb esetben tovább növekszik, de ezzel párhuzamosan más tendenciákat is detektáltunk. Ekkor jellemzően az életkorral járó összetételbeli változásokban a mentaklónok között is megfigyelhetők eltérések: KBT RA-termelése 3. évben stagnál (ebben eltér a többi klóntól); heszperidin és lonicerin-tartalma nő, a többi flavonoidjában nincs tendencia vagy nem termeli őket. A HOR1 és az EGR3 klónok RA-tartalma és emellett mindegyik flavonoid koncentrációja emelkedik. A HOR2 RA-tartalma a 3. évben viszont csökken (ebben eltér a többi klóntól), flavonoidjainak koncentrációja stagnál. Az DOM RA-tartalma emelkedik, flavonoidjaié viszont nem.

5.2.1.7. Kemotaxonok megkülönböztetése a fajban polifenol-összetétel alapján

Eddig a szakirodalom a mentákat illóolaj-összetételük alapján rendszerezi. Ugyanakkor eredményeink nyomán a lómenta polifenol spektruma is kemotaxonómiai ismérv lehet.

Öt különböző eredetű lómenta klón fenoloid-összetételében egyedfejlődéstől és környezettől független eltéréseket mutattunk ki, aminek alapján a *Mentha longifolia*ban polifenol alapú kemotaxonokat különítettünk el. Ezek közül három „rozmaringsav-heszperidin” fő komponensű típus (KBT, HOR1, EGR3), egy kemotaxon (HOR2) flavonokban (lonicerin, cinarozid) flavanonokban (eriocitrin, heszperidin) és RA-ban is gazdag „vegyes típus”; egyet pedig „lonicerin-rozmaringsav” típusnak írtunk le. Mivel az azonosított összetevők ugyanazok, *kvalitatív* kemotaxonok elkülönítésére itt nincs alapunk. Figyelembe veendő viszont a következő *menyiségi* jellemzők: **a)** Az összetevők, különösen, a flavonoidok koncentrációtartománya **b)** A koncentrációk változása követ-e a többi klóntól eltérő ritmust **c)** Egyes vegyületek aránya, %-a az összes azonosított hatóanyag (mg/kg) mennyiségén belül stabil-e,

vagy változásai adott típusra jellemzők. Az értékelés e szempontjainak összeállítását támogatja a két termőhely összetételi adataiból elvégzett Kruskal-Wallis-próba eredménye is (30-31. táblázatok). A próba összes eredményeit polifenol-összetételre és AO paraméterekre az M7, M8 mellékletek mutatják.

30. táblázat A klónok közötti polifenol összetételbeli különbségek feltárására végzett Kruskal-Wallis-próba eredményei Egerből (N=75)

Vizsgált változó	RA	L	LG	D	E	H
Próbastatisztika (χ^2) értéke	13,252	55,990	48,794	19,306	51,150	11,778
Szabadságfok	4	4	4	4	4	4
p	0,010	<0,001	0,001	0,001	0,001	0,019
p<0,05 mellett szignifikáns?	igen	igen	igen	igen	igen	igen

31. táblázat A klónok közötti polifenol összetételbeli különbségek feltárására végzett Kruskal-Wallis-próba eredményei Soroksárról (N=48)

Vizsgált változó	R	L	LG	D	E	H
Próbastatisztika (χ^2) értéke	12,209	35,819	26,421	14,195	23,772	26,920
Szabadságfok	4	4	4	4	4	4
p	0,016	<0,001	<0,001	0,007	<0,001	<0,001
p<0,05 mellett szignifikáns?	igen	igen	igen	igen	igen	igen

A próba mindkét helyen szignifikáns, azaz évtől és fenofázistól függetlenül, találunk mindkét hely növényeiben klónfüggő összetételbeli eltéréseket. Elsősorban a flavonoidprofil tesz különbséget növényeink között: legkisebb szignifikanciaszint mellett (esettől függően, $p < 0,001$ -től $p = 0,029$ -ig) és/vagy a legtöbb mintapárra érvényes különbségekkel a flavonoidok termelésében való különbségeket jelzi a próba. A Dunn-teszt a két hely eredményeiben sok esetben ugyanazon mintapárok közt jelez egy-egy vegyület koncentrációjában szignifikáns eltérést. Ilyen párok eriocitrin-tartalomban KBT/HOR2, HOR1/HOR2 és EGR3/HOR2, heszperidin-tartalomban KBT/HOR1, lonicerinben KBT/HOR2, KBT/DOM, EGR3/HOR2, HOR1/HOR2, EGR3/DOM cinarozidban KBT/HOR2, KBT/EGR3, végül diozmintartalomban KBT/HOR2. A fentiek alapján klónonként megállapíthatunk egyes megkülönböztető jegyeket.

A *HOR1* elsősorban RA-és heszperidinalapú. A RA tartalma széles határok közt változik: kb 6000-43 000 mg/kg, az azonosított hatóanyagok 48-94%-át adja. Ez a klón a leggazdagabb heszperidinben (972-7761 mg/kg; az azonosított hatóanyagok között 8-25%). Vadontermő mintáink közül is itt mértük a legnagyobb heszperidintartalmat. Minden azonosított flavonoid jelen van benne, de alacsony arányban. A kísérlet során flavonokból 500-4700 mg/kg között, eriocitrinből pedig max. 1654 mg/kg-ot mértünk.

A *HOR2* a flavonoidokban leggazdagabb klónunk. Kemotaxonómiai profilja nem stabil, ugyanakkor unikális jelenség, hogy polifenol-összetétele alapjaiban változik a második évtől, amikor az eriocitrin dominánssá válik az addig uralkodó luteolinszármazékok mellett, és megemelkedik RA-termelése is. Eriocitrin-, lonicerin-, cinarozidtartalma olyan értékeket mutat, amiknek a lómenta irodalmában nincs előzménye. Eriocitrinből mindaddig nem közöltek a nálunk mértékhez hasonlóan magas, 10 000-46 000 mg/kg értéket. Bourwieg és Pohl (1973), később Hawrył et al. (2016) csak a vegyület *jelenlétét* mutatják meg egy-egy tételből. A lómentából lonicerinről Orhan et al. (2012) közöltek eddig kvantitatív adatot: 1 kg virágzó hajtásból 18,3 mg-ot izoláltak. A *HOR2* vadontermő tétele is kiemelkedő volt mind flavonokban, mind flavanonokban. Amint korábban utaltam rá, *HOR2*-nek további sajátossága, hogy RA-termelése évente kétszer tetőzhet, L1 majd V fázisban. Ezzel eltér a többi klóntól valamint a legtöbb ismert fajtól, ahol a RA csökken, amikor generatív szerveik fejlődésnek indulnak, mivel feltehetően a RA-szintáz által is használt prekursorok egy része a virágok flavonoidjaira, egy másik hányada pedig támasztószövetek erősítésére (lignin, szuberin képződése) fordítódik (Fletcher et al., 2010).

EGR3 klón a fentiekhez hasonlóan RA-heszperidin-típus. A RA aránya az összes azonosított hatóanyag között (egy esetet kivéve) 60-94%, a heszperidiné 3-14%. KBT-től megkülönbözteti, hogy mindegyik azonosított flavonoidot termeli, és – ehhez kapcsolódóan – összetételi arányait kevésbé mereven tartja. *HOR1*-től megkülönbözteti az alacsonyabb heszperidin-tartalom.

DOM klón lonicerint és RA-t termel meghatározó összetevőkként. A két fő vegyület koncentrációi között, tetőzésüknek élesen eltérő (előbbinek virágzó, utóbbinak tavaszi vegetatív fázisba eső) ideje ellenére nincs szignifikáns negatív – az elérhető prekursoroknak RA helyett lonicerinbe fektetésére utaló – korreláció ($r_s = -0,140$, $p > 0,05$). Ezekhez a főhatóanyagokhoz a növénynek élő állományaiban az eriocitrin erősödő felhalmozása is társul.

A *KBT* klón polifenol spektruma legkevésbé változatos, számottevő mennyiségben csak RA-at és heszperidint termelt. Összetétele így termőhelyétől kevésbé függő, stabil. A RA a növény mintáiban azonosított polifenolok 84-97%-át teszi ki, a heszperidin pedig 4-7%-át adja. Ez a két vegyület a vadontermő mintájában is domináns volt, C_{max} értékeik rendre 15054 és 21076 mg/kg drog. Eriocitrin nem tartalmaz.

5.2.1.8. A klónok egyes fenoloidjai koncentrációjának korrelációi egymással és az AO tulajdonságokkal

1. A flavonoidok koncentrációjának korrelációi egymással

A 33. táblázatban láthatók a statisztikai mutatók, amik e korrelációkat jellemzik.

33. táblázat A növényben azonosított flavonoidok koncentrációjának korrelációi a két termőhelyen.

		Vizsgált változó					
Termőhely: EGR (N=75)		L	LG	D	E	H	
Vizsgált változó	L	r_s		0,727***	0,588***	0,874***	0,495***
		p		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	LG	r_s	0,727***		0,583***	0,698***	0,522***
		p	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001
	D	r_s	0,588***	0,583**		0,513**	0,258*
		p	<0,001	<0,001		<0,001	0,026
	E	r_s	0,874***	0,698**	0,513***		0,504***
		p	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001

		Vizsgált változó					
Termőhely: SOR (N=48)		L	LG	D	E	H	
Vizsgált változó	L	r_s		0,673***	0,453**	0,720***	0,405**
		p		<0,001	0,001	<0,001	0,004
	LG	r_s	0,673***		0,2674	0,610***	0,697***
		p	<0,001		0,066	<0,001	<0,001
	D	r_s	0,453**	0,2674		0,523***	-0,0066
		p	0,001	0,066		<0,001	0,965
	E	r_s	0,720***	0,610***	0,523***		0,353*
		p	<0,001	<0,001	<0,001		0,014

a korreláció legalább közepes erősségű, és $p < 0,01$ (**) vagy $p < 0,001$ (***) mellett szignifikáns
 a korrelációra $p < 0,05$
 a korrelációra $p > 0,05$; nem szignifikáns

r_s jelöli a Spearman szerinti korrelációs együtthatót

Mindkét termőhely mintáiban szoros korrelációt találunk az eriocitrin és a kétféle luteolin-7-O-glikozid koncentrációja között ($r_s = 0,610-0,874$, $p < 0,001$) és középerős, de ugyanolyan szignifikancia szintű kapcsolatot az eriocitrin és a diozmin koncentrációja között ($r_s = 0,513-0,523$, $p < 0,001$). A lonicerin és a cinarozid, illetve a lonicerin és a diozmin koncentrációjának kapcsolatai hasonlóak, mint amit az eriocitrinre nézve tapasztaltunk. A két luteolinglikozidra $r_s = 0,673-0,727$, $p < 0,001$; a lonicerin és diozmin között $r_s = 0,453-0,588$, $p < 0,001$. Ezek a korrelációk kirajzolják a luteolin-útnak az öt klónban egyformán meglévő – de az egyes flavonoidok képzésének intenzitásában klónonként nagyon eltérő –, diozminhoz vezető ágát. Az, hogy az eriocitrin, a luteolinszármazékok és a diozmin koncentrációja, ill., az eriocitrin és

a heszperidin koncentrációjának korrelációja minden esetben pozitív, jelzi, hogy emelkedett szintjüknek feltehetően összességében emelkedett prekursor áramlás vagy valamely (az eriodiktiollal záruló) közös prekursorok képződésében részt vevő gén fokozott expressziója állhat a háttérben. A fenti vegyületek bioszintézisének sémáját az M8 melléklet 1-2. ábrája szemlélteti.

2. Az azonosított összetevők koncentrációjának korrelációi az antioxidáns mutatókkal

A korrelációk adatait a 34. táblázat mutatja. Mindkét termőhely mintáira jellemző a TPC és a gyökbefogókészség közötti szoros ($0,7 < r_s \leq 0,9$), szignifikáns ($p < 0,001$) kapcsolat. A TPC-FRAP kapcsolat az egri termőhelyen közepes erősségű ($0,4 < r_s \leq 0,7$), szignifikáns, a soroksári mintákra szoros, szignifikáns ($p < 0,001$).

34. táblázat Az öt klón összes adatából vizsgált koncentráció-antioxidáns aktivitás korrelációk

Vizsgált tulajdonság	r_s (DPPH-EC ₅₀)/p				r_s (FRAP)/p			
	EGR (75)		SOR (48)		EGR (75)		SOR (48)	
TPC	-0,813	<0,001***	-0,817	<0,001***	0,509	<0,001***	0,795	<0,001***
RA mg/kg drog	-0,627	<0,001***	-0,687	<0,001***	0,407	<0,001***	0,527	<0,001***
Eriocitrin mg/kg drog	-0,490	<0,001***	-0,388	0,001**	0,342	0,003**	0,342	0,001**
Heszperidin mg/kg drog	-0,387	0,001**	-0,103	0,486	0,163	0,162	0,342	0,016*
Lonicerin mg/kg drog	-0,320	0,005**	-0,095	0,523	0,254	0,028*	0,188	0,201
Cinarozid mg/kg drog	-0,189	0,104	-0,101	0,495	0,169	0,146	0,142	0,335
Diozmin mg/kg drog	-0,065	0,579	-0,069	0,669	0,189	0,104	-0,097	0,510

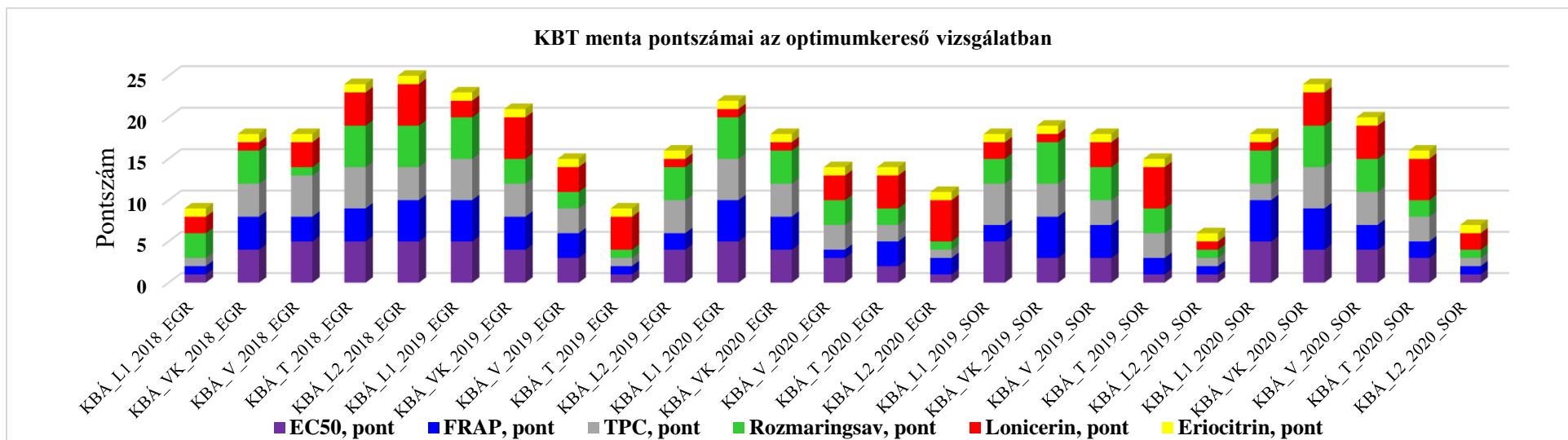
Az egyes komponensek közül a RA koncentrációja az antioxidáns aktivitás két paraméterével mindkét termőhely mintáiban szoros (RA-DPPH) vagy közepes erősségű (RA-FRAP), szignifikáns kapcsolatban áll. Az itt megállapított korrelációk a RA-tartalom és a gyökbefogó aktivitás között erősebbek, mint amit a vadontermő lómenta populációk mintáiban tapasztaltunk (5.1.fejezet), de hasonlóak ahhoz, amit Dudai et al. (2006) állapítottak meg a RA és DPPH-val szembeni gyökbefogókészség kapcsolatáról ($R^2 = 0,38$; $|R| = 0,616$). Az eriocitrin-tartalom és a kétfajta antioxidáns tulajdonság kapcsolata termőhelytől függetlenül szignifikáns, a korreláció erőssége viszont az egri minták gyökbefogóképességét kivéve gyenge. A tapasztalt eriocitrin-tartalom/AO aktivitás korreláció erőssége kisebb annál, mint amit korábban török kutatók leírtak (Koşar et al., 2004). A lonicerin-tartalom és az AO között csak az egri minták gyökbefogóképességi adataiban találtunk korrelációt, a többi esetben az összefüggések gyengék. A cinarozid koncentrációja – a vegyület erős AO aktivitása ellenére – nem áll összefüggésben a minták AO paramétereivel, ugyanúgy, mint a vadon termő minták esetében (5.1. fejezet). A heszperidin koncentrációjának kapcsolata az AO paraméterekkel minden

esetben gyenge és legtöbbször nem is szignifikáns. A diozminra kapott korrelációk nem szignifikánsak, ahogyan azt tapasztaltuk a vadontermő mintákban is.

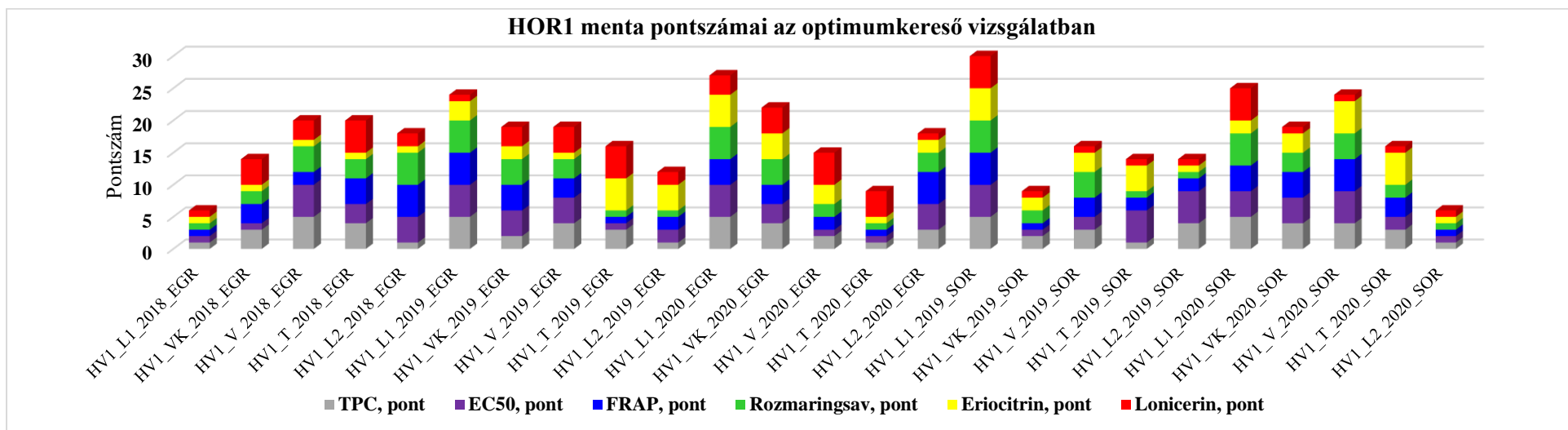
Eredményeinkből bebizonyosodott, hogy a luteolin-7-O-glikozidok és a minták AO aktivitása nem áll olyan erősségű korrelációban, mint ami a szerkezet-aktivitás alapú megfontolások, sztenderdek adatai (Burda és Oleszek, 2001) saját AO mérések, illetve egyes növényi kivonatok adatai (Koşar et al. 2004) nyomán feltételezhető volt. Megállapítható tehát, hogy a többszertevős kivonatok in vitro AO mutatói nem jelezhetők előre csupán az egyes összetevők AO tulajdonságai alapján, hanem a gyógynövény kivonatokra jellemző szinergista/antagonista sajátosságok is jelen lehetnek.

5.2.1.9. A növény, mint fenoloidalapú termény betakarításának optimuma

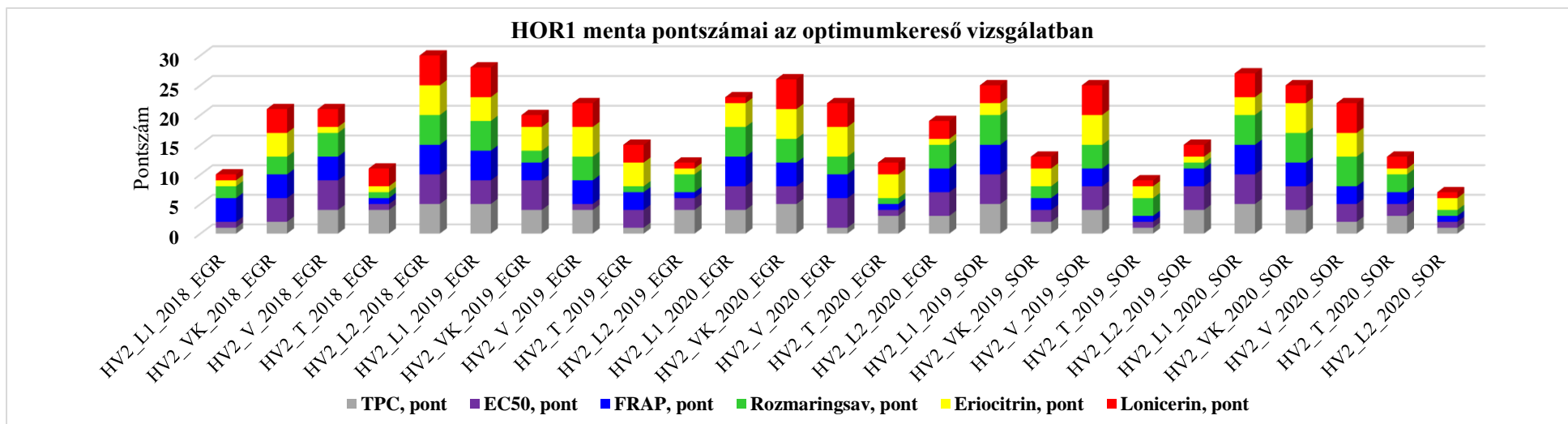
A 4.2.10. pontban leírt, hat paramétert – TPC, AO mutatók és az AO aktivitással különböző szorosságú (de legalább egy mintasorban szignifikáns) kapcsolatot mutató három főösszetevő, a RA, eriocitrin, lonicerin koncentrációját – bevonó, rangszám-alapú vizsgálatból a következőket állapítottuk meg. Az ültetés évében – mindkét élőhelyen – változó, melyik fenofázisban éri el a növény az AO szempontból legjobb minőséget. Az egyes klónok mintáira számolt pontszámokat a 38-42. ábrák mutatják (ill. az M9 mellékletben vannak táblázatos formában). Az ültetés utáni 2. évtől a legjobb minőséget adó fenofázis egységesebbé válik, a legmagasabb pontszámokat legtöbbször a tavaszi vegetatív hajtás (L1) mintákban kaptuk. Kivétel ez alól négy eset volt: a KBT soroksári mintái, és aHOR2 Egerben 2019-2020-ban, illetve Soroksáron 2020-ban. Az AO aktivitás mutatóinak csúcserkékei általában egybeesnek a RA-tartalom maximumával. A számításba vett két flavonoid koncentrációja viszont nem mindig ugyanakkor tetőzik, mint az AO mutatók: a lonicerin-glikozidok általában V vagy VK hajtásban voltak legnagyobb koncentrációban jelen, az eriocitrin pedig változóan, a virágzással záruló időszakban (L1-V).



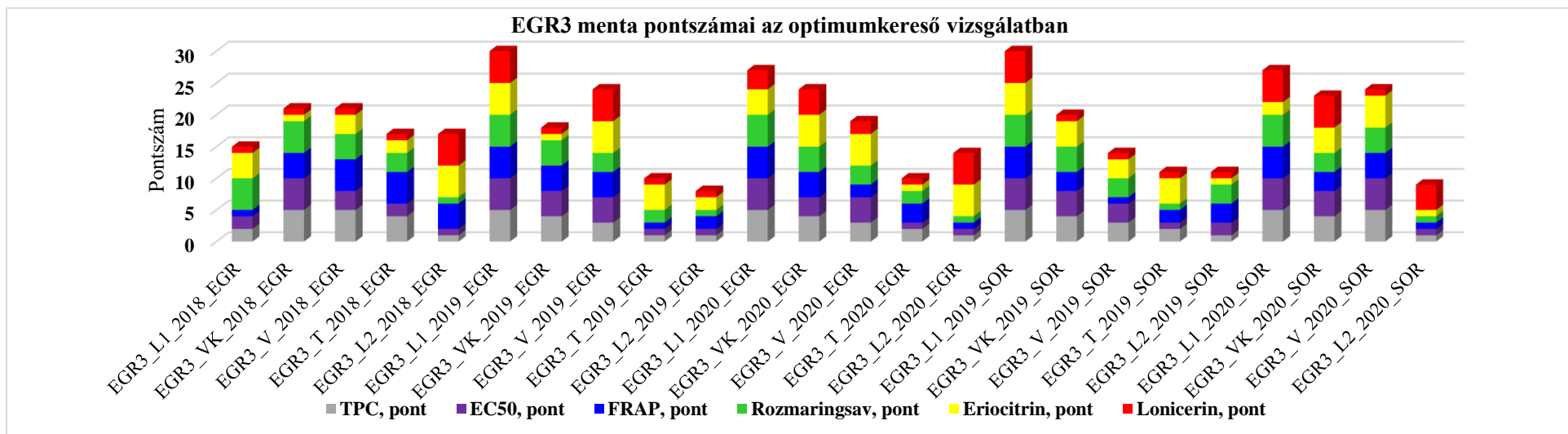
38. ábra KBT menta mintáinak pontszámai az optimumkereső vizsgálatban. 2019-ben és 2020-ban Egerben L1, Soroksáron VK minta pontszáma maximális



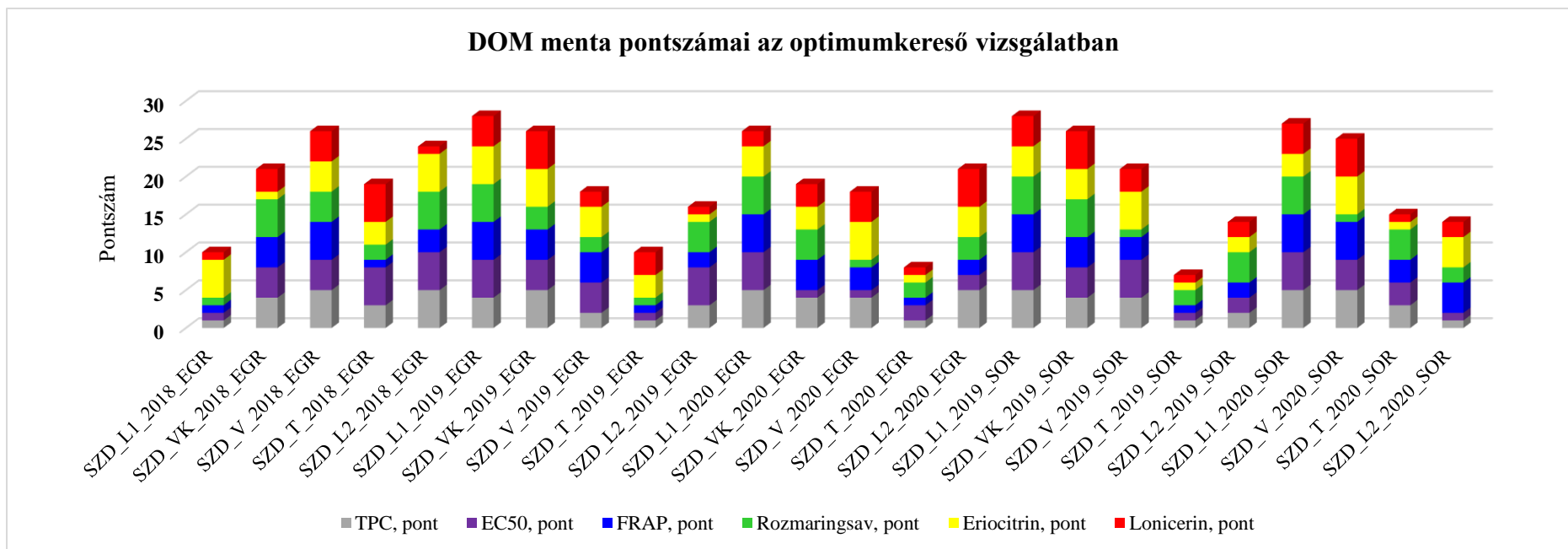
39. ábra HOR1 menta mintáinak pontszámai az optimumkereső vizsgálatban. 2019-2020-ban mindkét helyen L1 minta pontszáma maximális



40. ábra HOR2 menta mintáinak pontszámai. Az optimum ideje nem egységes, összefüggésben a RA kettős és az eriocitrin változó fázisban beálló maximumával.



41. ábra EGR3 menta mintáinak pontszámai. A legmagasabb pontszámú 2019-ben és 2020-ban is, mindkét termőhelyen L1



42. ábra DOM menta mintáinak pontszámai. A legmagasabb pontszámú 2019-ben és 2020-ban is, mindkét termőhelyen L1

5.2.2. AZ ILLÓ KOMPONENSEK VARIABILITÁSA TELEPÍTETT ÁLLOMÁNYOKBAN

5.2.2.1. A kísérleti klónok illóolajtartalma és az azt befolyásoló tényezők

A 35. táblázat mutatja a vizsgált minták illóolajtartalmát, a két élőhely és a két év alapján rendezve. Az illóolajban leggazdagabb klónok KBT és HOR2, legszegényebbek voltak HOR1 és az EGR3. Az irodalmi adatokban a virágzó hajtásokból mért értékeket nézzük, 0,1-2,1 ml/100 g-ot találunk (Younis et al. 2004; Güllüce et al. 2007; Bertoli et al. 2011; Başer et al. 2012; Mosrefi Araghi et al. 2019), az alapján KBT és HOR2 gazdag illóolajban, a többi közepesnek tekinthető.

35. táblázat A klónok illóolajtartalma (ml/100 g drog) 2019-ben és 2020-ban a két termőhelyen

Klón	Év	EGR termőhely		SOR termőhely	
		Illóolaj-tartalom átlag (N=3)	S.D.	Illóolaj-tartalom átlag (N=2)	S.D.
KBT	2019	1,84	0,1	2,06	0,08
HOR1		1,09	0,05	1,33	0,08
HOR2		1,99	0,06	2,00	0,09
EGR3		1,25	0,05	1,21	0,08
DOM		1,32	0,06	1,17	0,00
KBT	2020	1,78	0,03	2,08	0,13
HOR1		1,10	0,17	0,94	0,06
HOR2		1,75	0,09	1,12	0,05
EGR3		1,08	0,05	0,87	0,00
DOM		1,25	0,03	1,04	0,05

A Wilcoxon-próba szerint a két évben mért illóolaj-tartalmak közti különbség szignifikáns ($Z = -2,497$, $p=0,013$), a vizsgált tíz esetből nyolcszor az illóolaj-tartalom 2019-ben nagyobb, két esetben pedig kb. egyenlő. A termőhelyek között nem állapítható meg ebben szignifikáns különbség ($Z = -0,255$, $p=0,799$).

Megvizsgáltuk tehát, hogy ilyen körülmények között milyen időjárási faktor okozhatja a 2019-es kiugró illóolaj tartalmakat. Egerben a VK mintavételek előtti 4,7 és 14 napos periódusokban 1,19-1,32x nagyobb a hőösszeg, mint 2020-ban. Egerben a napsütéses órák számát is mértük; 2019-ben ez is 1,4-2,75-szöröse a 2020 évinek. Soroksáron napfénytartamot nem mértünk, de a hőösszeg a VK mintavételek előtt itt is 1,10-1,16x magasabb 2019-ben, mint 2020-ban. Egyik termőhelyen se voltak többnapos esős időszakok. Viszont, 2019-ben Egerben hét, Soroksáron tíz hőségnap volt, míg 2020 vizsgált időszakában egyik termőhelyen sem volt hőségnap. A két év V mintavételei előtti időszakokban is markáns különbségek jelentkeztek: Egerben hőösszegben 1,0-1,2x, napfénytartamban max. 1,84x, míg Soroksáron hőösszegben 1,0-1,6x az eltérés 2019 javára. 2019 melegebb és naposabb időjárása 2020-hoz képest tehát stimulálhatta új levelek és bimbók nagyobb számban való kihajtását, és így, a mirigyszőrök összes számának növekedésével, az illóolajtermelést. A lómentából korábbi, ilyen irányú vizsgálatokról nincs

adatunk, természetett mentákból régebben ismeretes a meleg idő és a napsütés előnyös hatása az illóolaj-tartalomra nézve. Így pl. borsosmentának UV-B fényre adott, levelei számának gyarapodásával, az illóolaj-tartalom növekedésével járó reakcióját ismerjük (pl. Maffei et al., 2000).

5.2.2.2. A kísérleti klónok illóolaj-összetétele

A kísérleti állományok polikemizmusa az illó komponensek esetében is markánsan megnyilvánult. A növények illóolajának GC-MS vizsgálata során 65 vegyületet azonosítottunk. Ezek nevét, retenciós idejét, azonosításuk módját az M10 melléklet (M10/1. táblázat) mutatja. Ugyanitt találhatóak egyes nagyobb vegyületcsoportok arányai a vizsgált illóolajokban. Az egyes illóolajok azonosított vegyületei 96,46-99,23 area %-ot tesznek ki, így ismeretlen fő összetevő egyikben sem maradt. Mindegyikben ciklikus monoterpén és szeszkviterpén illatanyagok dominánsak. Az összes vegyület közül 14 van legalább egy illóolaj-mintában jelen major összetevőként. Ezek az összetevők – klóntól, évjáráttól függő arányokban – a következők: *cisz*-és *transz*-dihidrokarvon; menton, izomenton, pulegon, *cisz*-piperiton-epoxid; *1,8*-cineol; γ -terpinén, *para*-cimol, timol, karvakrol, karvakrolacetát, β -kariofillén, germakrén D. Koncentrációjukat az egyes klónokban, ennek CV értékét, homogenitását a 36. táblázat foglalja össze.

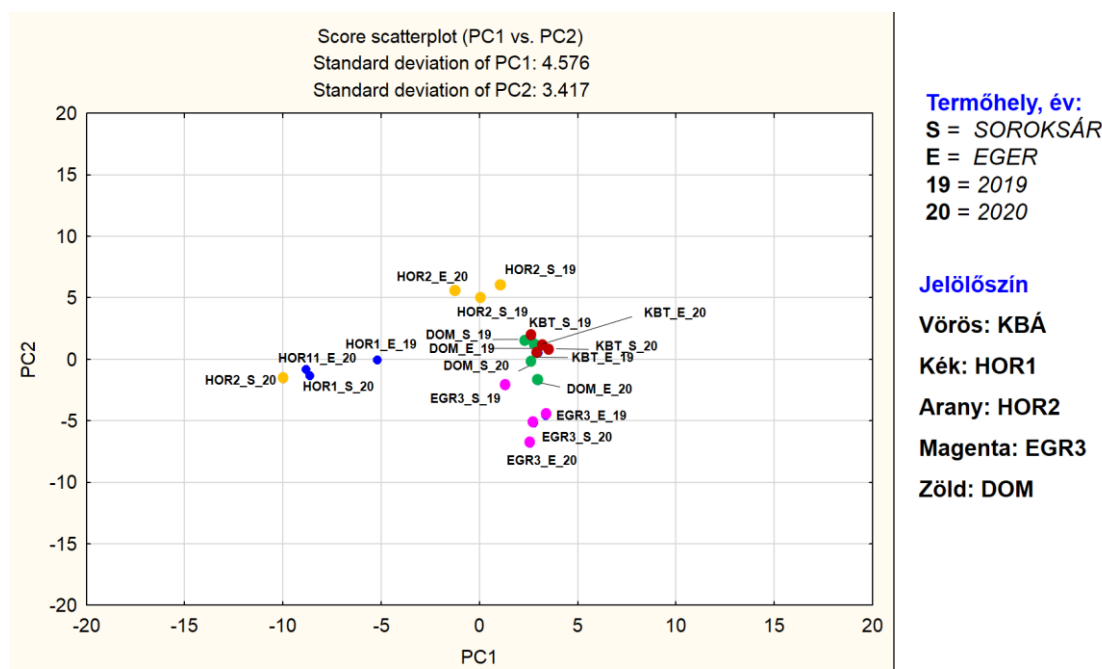
36. táblázat Az öt klón illóolajának fő összetevői és koncentrációjuk variációs koefficiense

Vegyület neve	Koncentráció (area%) a mintákban:				CV, %	Homogenitás
	EGR_2019	EGR_2020	SOR_2019	SOR_2020		
Klón: KBT – Vegyületcsoport: Limonén-3-oxo, ketonok						
Menton	53,91	49,09	62,65	55,78	10,15	homogén
Izomenton	6,34	5,74	6,16	6,74	6,67	homogén
Pulegon	8,45	15,48	6,3	6,59	46,62	heterogén
β -Kariofillén	6,45	4,72	5,64	6,57	14,68	homogén
Germakrén D	4,92	3,56	3,87	5,82	22,74	heterogén
Klón: DOM – Vegyületcsoport: Limonén-3-oxo, ketonok						
Menton	64	55,6	66,3	46,67	15,35	homogén
Izomenton	13,43	15,14	11,68	9,57	19,17	homogén/heterogén
β -Kariofillén	6	6,54	5,8	9,22	22,99	heterogén
Germakrén D	6,69	7,86	6,51	9,32	17,07	homogén
cisz-Piperiton-epoxid	0	2,82	0	12,2	154,02	igen heterogén
Klón: EGR3 – Vegyületcsoport: Limonén-3-oxo, epoxidok/Szeszkviterpének						
cisz-Piperiton-epoxid	53,47	44,42	55,34	52,07	9,34	igen homogén
β -Kariofillén	16,49	13,42	15,2	16,46	9,38	igen homogén
Germakrén D	10,89	10,67	8,79	11,07	10,2	homogén
1,8-Cineol	3,7	4,97	5,16	4,94	14,25	homogén
Menton	0,68	6,13	0,09	0	171,14	igen heterogén
Klón: HOR2 – Vegyületcsoport: γ-Terpinén-származékok/1,8-Cineol. Limonén-2-oxo, ketonok						
cisz-Dihidrokarvon	57,06	47,57	54,51	8,45	54,08	igen heterogén
transz-Dihidrokarvon	11,66	9,93	12,28	1,43	56,99	igen heterogén
β -Kariofillén	5,98	6,83	7,98	9,95	22,35	heterogén
Germakrén D	5,88	6,41	5,28	7,29	13,71	homogén
Timol	1,34	4,3	1,39	19,79	131,75	igen heterogén
1,8-Cineol	3,06	4,38	4,64	14,93	81,38	igen heterogén
γ -Terpinén	0,49	1,75	0,44	7,22	130,14	igen heterogén
para-Cimol	0,38	1,66	0,62	9,36	142,14	igen heterogén
Klón: HOR1 – Vegyületcsoport: γ-Terpinén-származékok/1,8-Cineol						
Karvakrol	20,56	20,23		19,28	3,32	igen homogén
1,8-Cineol	17,45	14,87		17,11	8,5	igen homogén
Timol	13,9	13,75		13,36	2,04	igen homogén
Karvakrol-acetát	10,4	8,14		8,81	12,72	homogén
para-Cimol	7,24	8,01		7,67	5,05	igen homogén
β -Kariofillén	9,95	8,27		10,66	12,73	homogén

Hogy – a kemotaxonomiai értékelést is segítő – láthatóvá és számszerűvé tegyük az egyes illóolaj-minták összetételéből eredő csoportképzést, főkomponens-analízist alkalmaztunk. A három változó főkomponens-súlyait (*loadings*) a 14 major vegyületre nézve a 37. táblázat mutatja.

37. táblázat A tizennégy, legalább egy mintában major összetevőként jelenlévő vegyület főkomponens-súlyai (loadings) az első három főkomponensben. Ez a három főkomponens az össz-variancia 65,95%-át fedí le.

Vegyület típusa	Vegyület neve	A vegyületek főkomponens-súlyai (loadings)		
		Loading/PC1	Loading/PC2	Loading/PC3
Limonén-3-oxo	Menton	0,546769	0,169262	0,647878
Limonén-3-oxo	Izomenton	0,492990	0,108175	0,453511
Limonén-3-oxo	Pulegon	0,312915	0,149585	0,637364
Limonén-3-oxo	cisz-Piperiton-epoxid	0,307598	-0,714431	-0,431420
Limonén-2-oxo	cisz-Dihidrokarvon	-0,055332	0,727988	-0,627070
Limonén-2-oxo	transz-Dihidrokarvon	-0,044463	0,727524	-0,617217
γ -Terpinén-származék	γ-Terpinén	-0,958503	-0,059386	-0,002698
γ -Terpinén-származék	para-Cimol	-0,980025	-0,080735	0,105628
γ -Terpinén-származék	Timol	-0,972715	-0,094191	0,034730
γ -Terpinén-származék	Karvakrol	-0,757757	-0,101103	0,243685
γ -Terpinén-származék	Karvakril-acetát	-0,738520	-0,082496	0,265629
α -Terpineol-származék	1,8-Cineol	-0,934298	-0,193698	0,077340
Szeszkviterpén	β-Kariofillén	-0,061425	-0,762830	-0,432633
Szeszkviterpén	Germakrén D	0,412524	-0,605841	-0,595122



41. ábra Az illóolaj-mintákat leképező pontok a két első főkomponens síkjában.

A PC1xPC2 síkban három, élesen elkülönülő pontcsoportot tudunk megkülönböztetni, amelyek közül a PC1>0 félsíkban lévő két részre oszlik. A csoportok az egyes illóolaj-minták fő összetevőinek vegyülettípusát követhetik, nagyrészen a GPP-ből keletkező alapvegyületek (limonén, γ -terpinén), kisebb részben pedig ezek átalakulásai szerint. A nagy pontthalmaz PC1>0 félsíkban a limonén-3-oxo alapú illóolajok (KBT, EGR3, DOM) 4-4 pontjából áll. KBT és DOM ketongazdag mintái ezen belül egy, egymástól kis távolságokra lévő pontokból álló részthalmazt adnak. A limonén-3-oxo minták másik, elkülönülő csoportját a PC1>0, PC2<0

síknegyedben az EGR3 adja. Ennek megkülönböztető jegye, hogy nem ketonokon, hanem epoxidokon alapul s mellette nagy benne a szeszkviterpének aránya: 27,9-33,4%, azaz a többi klónnál mértéknek (11,5-15,9%) kb. a kétszerese. A következő, kb. $PC1 = (-2) \dots (+2)$, $PC2 = 0 \dots (+5)$ koordináták határolta pontcsoportot HOR2-nek azok a mintái adják, amik limonén-2-oxo-vegyületeken alapulnak. (HOR2_2019_EGR, HOR2_2019_SOR, HOR2_2020_EGR). HOR2 negyedik pontja közelebb van HOR1 pontcsoportjához, mint saját mintáiéhoz.

E képet árnyalhatja a pontok elhelyezkedése $PC1 \times PC3$ síkban. Itt két, élesen szétváló csoport jelenik meg. A $PC1 < 0$ félsíkban találjuk a HOR1 és a HOR2_2020_SOR által alkotott halmazt; a $PC1 > 0$ félsíkban, széthúzott csoportban a többi négy klónnak limonén-3-oxo reakciótermékein alapuló mintáit. Ezen a síkon jobban megfigyelhető KBT és DOM – két, ketonokban gazdag, de mennyiségi viszonyaiban eltérő – klón pontjainak elkülönülése is egymástól. KBT pontjainak szoros közelsége mind a két síkban arra vall, hogy a növény illóolaj-összetétele a kísérlet során csak kis mértékben ingadozott. Az EGR3 és HOR2 pontjai sokkal lazább csoportokat alkotnak, ez a mintáik mennyiségi arányaiban nagyobb ingadozást jelezhet.

5.2.2.3. A vizsgált klónok kemotaxonómiai értékelése

A fentiek alapján a vizsgált klónok markáns összetételbeli különbségeket tükröznek. Az egyes vegyületek koncentrációjának variációs együtthatójával (CV, %) mértük, koncentrációjuk az adott taxonban mennyire homogén. Egy klón illóolajában a homogén vagy igen homogén koncentrációban jelenlévő – azaz, évjárattól és helytől függetlenül meghatározó jellegű – főösszetevőket úgy tekintem, hogy jelenlétük és mennyiségi viszonyaik feltehetően örökletesek. Ennek alapján tettünk javaslatot az alábbiakban az adott klón kemotípusára. Az értékeléshez felhasznált adatokat a 36. táblázat foglalja össze.

A HOR1 klón nem tartalmaz limonén eredetű fő összetevőket. Helyettük a karvakrol (19,28–20,56%), 1,8-cineol (14,87–17,45%), timol (13,36–13,90%), karvakrol-acetát (8,81–10,40%) és a *para*-cimol (7,24–8,01%) jellemző, szűk koncentráció-határok közt. CV értékeik alapján a felsorolt vegyületek koncentrációja HOR1 mintáiban homogén vagy igen homogén. Ennek alapján *HOR1 a lómenta egy, eddig ismeretlen kemotípusát képviselheti*. Megkülönböztető jegyei elsősorban a karvakrol és timol együttes jelenléte, ill. a karvakrol-acetát-tartalom (erről a vegyületről a fajból eddig nem találtam adatot); de magas cineoltartalma, a timol prekursorainak jelenléte és a limonénszármazékok hiánya is igen fontos jellemzői. A fajból

eddig négy adat van γ -terpinén-anyagcseretermékekben gazdag illóolajokról, de egy sem egyezik HOR1 profiljával. Szerbiában Mimica-Dukić és mtsai (1993) fő összetevőként *para*-cimolt (14,1%), timolt (13,3%), 1,8-cineolt (6,8%), γ -terpinént (5,3%) és β -kariofillént írtak le, de nem tartalmaz karvakrolt és -acetátot. Egy γ -terpinénben (12,1%), timolban (18,6%) 1,8-cineolban (25,0%) dús, és *para*-cimolt (9,2%) is tartalmazó lómenta mintáról közölnek adatokat Čavar Zeljkovic et al., (2021, Csehország), de ez sem tartalmaz karvakrolt és -észtereket. Akşit és mtsai (2013) egy piperiton-epoxidban (55,3%) és timolban dús lómenta levéldrogot, Hassanzadeh és mtsai, (2011) pedig nagy mennyiségű (37,1 és 62,1%) *para*-ment-1-en-9-olt és 4-8% karvakrolt felhalmozó növényt írtak le – ezek sem egyeznek HOR1 jellemzőivel. Mintái oxidált monoterpénekből szegényebbek a többi klónénál és a szénhidrogének aránya – a γ -terpinén és a *para*-cimol magas koncentrációjából eredően – nagyobb.

HOR2 klón kemotípusba sorolása eddigi adataink szerint kérdéses, további vizsgálatokat igényel. Három mintája ui. dihidrokarvon-alapú, elsősorban a *cisz*-izomerben gazdag (47,57–57,06%), de a *transz*-dihidrokarvon is fő összetevő (9,93–12,28%). Negyedik (*HOR2_2020_SOR*) mintájában viszont a limonén-2-oxo-származékok koncentrációja a korábbiaknak kb. az 1/5-1/6 részére csökken: a *cisz* izomeré 8,45, a *transz*é 1,43%-ra. Helyettük a timol (19,79%) 1,8-cineol (14,93%), γ -terpinén (9,36%), *para*-cimol (7,22%) jelent meg fő összetevőként. Azt, hogy a lómenta illóolaj-anyagcseréjében környezeti hatásokra változás állhat be, látni DOM esetében is; de ez csak a limonén-3-oxo anyagcsereút-ág termékei közti mennyiségi eltolódást jelentette. *HOR2* viselkedése pedig új jelenség. A növényben a limonén-anyagcsereút működése láthatóan visszaesett, helyette az α -terpinil-kation anyagcsereútjának két másik ága vált meghatározóvá: elsősorban a γ -terpinéntől a timolhoz vezető út, másodsorban az 1,8-cineol keletkezése. A lómentán kívül 2022 március 1-ig csak hibridjéből, a fodormentából találtam irodalmi adatokat γ -terpinén-, vagy cineol/ γ -terpinén-vagy cineol/ γ -terpinén/limonén-2-oxo vegyületcsoportok által meghatározott illóolaj-összetételre, esetleg ennek valamely változásaira (Stoeva és Ilyev 1997; Kizil és Tonçer, 2006; Zeinali és mtsai, 2011). *HOR2*-éhez hasonló átrendeződésre azonban eddig egyik taxonból sincsen bizonyíték.

A *Mentha* sp. hatóanyagaival foglalkozó, korábban tárgyalt összefoglalók (Mimica-Dukić, 2008; Salehi és mtsai, 2018) illetve a nemzetség Lawrence B.M. által szerkesztett, 2007-es monográfiája nem említik a γ -terpinén anyagcsereutat. Krause és mtsai (2021) szerint ez a *Lamiaceae* családban az *Origanum*, *Satureja*, *Thymbra*, *Thymus* nemzetségekre korlátozott bioszintézis szakasz. Megállapíthatjuk azonban, hogy ezt a mi eredményeink, de a velük

kapcsolatban tárgyalt kisszámú irodalmi adat is cáfolják. Feltehetően ez az irány a *Mentha* nemzetségben nagyon ritkán fordul elő, akár csak egyik izomer (mint HOR2) vagy egyes fodormenta állományok (Zeinali et al., 2011; Stoeva és Ilyev, 1997) nagy koncentrációban való termelődéséről van szó, akár mindkettőről (HOR1), akár pedig csak a para-cimolról (Kizil és Tonçer, 2006). Előfordulását azonban a *Mentha* nemzetségben figyelembe kell venni, azzal együtt, hogy ez egy sor tisztázandó kérdést is felvet.

EGR3 klón megkülönböztető jegyei a másik két, limonén-3-oxo vegyületen alapuló klóntól, hogy stabilan, nagy koncentrációban tartalmaz *cisz*-piperiton-epoxidot (44,2-55,34%), ketonokat pedig nem, vagy kisebb mennyiségben, továbbá az öt klón közül a leggazdagabb szeszkviterpénekben. Ezeket az illatanyagokat 4-5% 1,8-cineol kíséri. Így *EGR3* besorolható lehet egy *cisz*-piperiton-epoxid/ β -kariofillén/germakrén D/1,8-cineol kemotípusba. A növényből ismert limonén-3-oxo kemotípusok közt eddig nem találtam leírást az *EGR3*-ével egyező, epoxidos, szeszkviterpénekben is gazdag típusra. Így az eddig ismert adatok alapján egyes vegyületek arányai unikálisak ebben a típusban.

A *DOM* klón szintén menton (47-64%)-és izomenton (9,57-15,14%)-alapú, a két ketont itt β -kariofillén és germakrén D is kíséri fő komponensként (5-10%). Így összetételét szintén a fajban tipikusnak mondhatjuk. A klónt jellemző vegyületek koncentrációi jobban ingadoznak, mint a *KBT*-nál, továbbá egyik mintájában 10% fölötti koncentrációban tűnik fel a többi tételében nem, vagy minorként kimutatott – *cisz*-piperiton-epoxid.

Az illóolajban leggazdagabb klón, a *KBT* összetétele a lómentára tipikus. A növény stabil arányokban termel mentont, izomentont és β -kariofillént, mellettük nagyon változó koncentrációban (5-16%) pulegont.

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

6.1 A VADONTERMŐ LÓMENTA-POPULÁCIÓK ÖSSZETÉTELE

A 36 természetes populációból 2016-ban gyűjtött mintákban azonosított négyféle fenoloid koncentrációja, és így az AO tulajdonságok is, taxonra jellemzőek. Hidroalkoholos ultrahangos kivonataik eredményeiből, a minták 170-450 mg/l DPPH EC₅₀ értékűek (BHT EC₅₀: 87,5 és trolox EC₅₀: 494 mg/l mellett), redukálóképességük kisebb számú, a BHT-t 10%-ra megközelítő tételt kivéve középérésű, 5000-10 000 mg AAE/kg értékű (BHT 12169 mg AAE/kg).

A polifenol-összetételben ill. AO mutatókban nem voltak megfigyelhetők földrajzi vagy élőhelyi alapon elkülönülő mintacsoportok, -vonulatok. Egymáshoz közeli (50-600 m körzetben) de elkülönülő populációkból eredhet nagyon eltérő összetételű növényanyag úgy, hogy egyedeik külső morfológiai bélyegeiben nincs jelentős különbség. (pl. EGR2-EGR3, MÁH1-MÁH2 mintapárok). Példaként, a DOM állomány 2016 és 2017 évi mintáiban megfigyelt különbségek AO aktivitásban (EC₅₀ rendre 245 és 718 mg/kg) mutatják, hogy a vadon termő lómenta alapanyagban az éves összetételbeli ingadozás nagyon erős lehet.

Ennek alapján a vadon termő állományokból gyűjtött anyag nem biztosít állandó drogmínőséget. Ipari hasznosításra így mindenképpen javasolt a növény termesztése. Ezzel biztosítható a faj és kemotípus azonosság és stabil hatóanyagtartalom mellett a káros anyagok akkumulációjának veszélye is: a lómenta nitrogénkedvelő és gyakran él ruderalis területen, ahol ilyenek (pl. nitrit, nitrát, ammónium, nehézfémek) előfordulnak. Tapasztalataink emellett arra is felhívják a figyelmet, hogy nem elegendő a menta taxonokról egy-egy mintájuk alapján fajra vagy taxonra vonatkozó általános következtetéseket levonni, ahogyan az pedig az irodalomban gyakran előfordul (pl. Park et al. 2019; Krzyzanowska et al. 2007).

Eredményeink (pl. a vadontermő minták RA-tartalmának intervalluma) is mutatják, hogy e megközelítés nem jó, mert a faj variabilitását figyelmen kívül hagyja. A növény valódi kemizmusa csak több populáció azonos termőhelyen való felnevelése s e minták elemzése alapján lehet megítélhető.

A vizsgált extrakciós módszerek közül – a kivonatok AO tulajdonságait illetően – a hidroalkoholos ultrahangos módszert találtuk leghatékonyabbnak. E kezelés viszont kezelés tapasztalataink szerint nem vonta ki teljesen a heszperidint és diozmint a növényekből. Mivel e metoxi-flavonoidok jelenlétének kapcsolata a mért in vitro AO tulajdonságokkal gyenge, nem szignifikáns, a lómenta, mint antioxidánsforrás szempontjából ez alapján valószínűleg nem okoz hátrányt.

6.2 TELEPÍTETT LÓMENTA ÁLLOMÁNYOK ANTIOXIDÁNS MUTATÓI ÉS FENOLOIDJAI

A vizsgált öt klón TPC szerinti sorrendje a következően alakult (csökkenő sorrendben): **1. HOR2, 2. EGR3 és DOM, 3. KBT, 4. HOR1.** Ha az antioxidáns kapacitásukat tekintjük, a következő sorrend alakul ki: **1. HOR2, 2. DOM, 3. EGR3, 4. KBT, 5. HOR1.**

Az öt telepített klónban túlnyomórészt ugyanazon három flavonoid-anyagsereút termékei voltak megtalálhatók.

Ezek *a) eriocitrin keletkezése*, ezt az öt közül négy klón mutatja, életkorától függően *b) a heszperetin-út*, indikátora a heszperidin jelenléte és *c) a luteolin-út*, a lonicerin, cinarozid, diozmin jelenléte és koncentrációik korrelációja alapján (E-Freitas et al. 2019 alapján).

HOR1 és HOR2 egri virágzó vagy bimbós mintáiban kis mennyiségű izokvercitrin formájában jele van egy negyedik útnak is, ami – más fajok anyagsereútjai adataiból kiindulva, naringeninből valószínűleg dihidrokaempferolon át – kvercetinhez vezet. Ez viszont nem domináns egyik állományunkban sem, noha lómentából viszonylag gyakran közöltek adatokat rutingazdag mintákról (pl. Park et al. 2019). A fenti három út mellett irodalmi adatok alapján azonban jelen van az apigenin-út is (Stanislavljević et al. 2012).

A RA-ból és ugyanazon flavonoidokból felépülő kvalitatív profil ellenére az öt állomány polifenol-, különösen flavonoid-összetételében szignifikáns különbségek vannak, amiket helytől és évjáratától függetlenül figyeltünk meg, így örökletes voltuk valószínűsíthető.

Ezek alapján lehetővé vált olyan új kemotaxonok megadása, amelyek fenoloid-összetételük szerint rendszerezhetők. Menta növényekből ilyen osztályozásról nincs eddig tudomásunk.

Az öt közül három klón (KBT, HOR1, EGR3) összetételét a RA és a heszperidin határozza meg. Ezek voltak azok, amikből a kísérlet során a legnagyobb (42 000-56 000 mg/kg) RA tartalmú tételket kaptuk. Bebizonyosodott azonban, hogy a nagy koncentráció nem minden esetben nyilvánul meg markánsan, a legkorábbi, vegetatív hajtás fázis után szintje ingadozhat termőhely vagy évjárat (időjárás) szerint is. Az említett RA-heszperidin-típusú klónjaink még kétfelé oszthatók: a KBT flavonoidokban szegény, gyakorlatilag csak heszperidint termel, míg a HOR1 és az EGR3 mindegyik azonosított flavonoidot, de jellemzően csak 1000-5000 mg/kg között felhalmozza. Végül, HOR1-nek megkülönböztető jegye a nagy heszperidintartalom.

A további két klón, HOR2 és DOM összetételét a max. 35 000 mg/kg RA mellett flavonoidok nagy koncentrációi jellemzik. HOR2 a 2016-i vadontermő mintagyűjteményből a második legnagyobb heszperidintartalmú tétel volt 29 000-30 000 mg/kg közti értékkel. HOR2-nek a kísérleti termesztésben meghatározó összetevője a lonicerin is 30 000 mg/kg-ig, majd ültetése

utáni 2. évtől az eriocitrin, akár 46 000 mg/kg-ig. További ismertetőjegye az öt klón közül a legnagyobb cinarozidtartalom is. DOM a HOR2-höz hasonlóan lonicerin gazdag (30 000 mg/kg körüli csúcserkével), halmoz föl eriocitrint is, de HOR2-nél sokkal kevesebbet (8-10 000 mg/kg-ig), és a heszperidin, a cinarozid is kevésbé meghatározó összetevője. HOR2-nek egy további unikális jellemzője, hogy RA-tartalma az éves maximum (rendszerint L1) után virágzáskor még egy (a koncentráció-idő görbén) lokális maximumot vesz fel. Ez és az ekkor tetőző lonicerin- és nagy eriocitrin-koncentráció együtt járulhat hozzá előnyös AO tulajdonságaihoz. (További vizsgálatokat érdemelne annak tisztázása, hogy az elvileg erős gyökbefogóképességű eriocitrin, lonicerin, cinarozid hozzájárulása az AO mutatókhoz a kísérleti számításaink szerint a vártnál gyengébb.) A két flavonoiddús klón a TPC-és AO-rangsorokban az első kettő, ami arra mutat, hogy ebből a szempontból előnyösebbek, mint a RA-heszperidin-típusok.

Az egyes fenolos összetevők egyedi élettani szerepe a növényekben az irodalomból nem egyértelmű. Ennek alapján érdemes lenne megvizsgálni, hogy a növény adaptációs stratégiájában vagy védekezési mechanizmusaiban mely vegyületeknek van kiemelkedő szerepe. Bebizonyosodott például az eriocitrin felhalmozó klónok közös tulajdonsága, hogy ezt a vegyületet csak 2. évtől termelik nagy koncentrációban. Az életkorral és fenofázissal változó koncentrációk nyomán feltételezhetjük, hogy az eriocitrin élettani funkciója a növény számára eltér például az – 1. évtől folyamatosan keletkező – heszperidin szerepétől.

6.3. A NÖVÉNY, MINT FENOLOIDGAZDAG TERMÉNY BETAKARÍTÁSÁNAK OPTIMUMA

A hat paramétert bevonó, rangszám-alapú vizsgálat (4.2.10. pont) eredményei alapján, ha polifenolokban gazdag és magas AO kapacitású drogot akarunk nyerni, a legkedvezőbb, ha az ültetés utáni 2. évben, tavaszi vegetatív hajtásokat takarítunk be. A vágást követő regeneráció nyomán kifejlődő, őszi vegetatív hajtásai azonban változékony fenoloid-összetételt produkálnak, azaz ekkor a drog minősége nem stabil. Ezek a tapasztalatok eltérnek az illóolajukért művelt menták termesztésénél régóta ismert optimumoktól (pl. Bernáth és Németh, 2007; Praszna, 2013).

6.4 A TELEPÍTETT LÓMENTA ÁLLOMÁNYOK ILLÓOLAJ-ÖSSZETÉTELE

Tapasztalataink megerősítették, hogy lómenta az illó vegyületek alapján is erős polikemizmussal jellemezhető. A fajban tipikusak a limonén-3-oxo-keetonok vagy -epoxidok (de a mentol nem), illetve a limonén-2-oxo-anyagcsereút termékei. Emellett azonban a HOR1 klónból egy eddig ismeretlen kemotípust tudunk meghatározni, ami cimil vegyületeken és 1,8-

cineolon alapul, így a nemzetségében is nagyon ritka, nemcsak ebben a fajban. A HOR2 populációban pedig limonén-2-oxo-és cimilvegyületeknek, valamint 1,8-cineolnak évjárat és hely szerint is nagyon változó koncentrációit találtuk. A növény öt klónjában megfigyelt illóolaj-kemotípusok láthatóan nem esnek egybe a fenoloid-alapúakkal. Így pl. a RA-heszperidin-túlsúlyú, eriocitrin és flavonokat kis koncentrációban termelő típusba sorolható két klón, a HOR1 és az EGR3 illóolaj-összetételük alapján nem tekinthető hasonlóknak. A HOR1 timol-, karvakrol-, cineolalapú illóolajat, az EGR3 pedig epoxidos, illetve β -kariofilléne és germakrén D-n alapuló anyagot termel (38. táblázat).

38. táblázat Az öt klón illóolaj-kemotípusa és megfigyelt polifenol-kemotaxonja

Klón	Illóolaj-kemotípus	Polifenol-kemotaxon
KBT	Menton/Izomenton/Pulegon	RA-heszperidin alapú, eriocitrinmentes, flavonszegény
HOR1	Karvakrol/Karvakrol-acetát/Timol/1,8-Cineol	RA-heszperidin alapú, eriocitrin és flavonok kis cc.
HOR2	Nem meghatározott. (Dihidrokarvon vs. timol)	Flavonoiddús. Lonicerin, eriocitrin, RA, heszperidin együtt határozza meg
EGR3	cisz-Piperiton-epoxid/ β -Kariofillén/Germakrén D	RA-heszperidin alapú, eriocitrin és flavonok kis cc.
DOM	Menton/Izomenton	Flavondús. Lonicerin-rozmarinsav alapú, flavanokban HOR2-nél szegényebb.

A HOR2 klón változó illóolaj összetétele felveti, hogy a *Mentha* nemzetség (így közvetve a *Lamiaceae*-család) fitokémiájáról illetve kémiai rendszertanáról való ismereteinket jelentősen bővítené a timolt és karvakrolt termelő kemotípusok anyagcsereútjának részletesebb tanulmányozása.

Feltárássra vár a HOR2 flexibilitásának határa, az illóolaj összetételt befolyásoló tényezők megismerése. A gyakorlat számára HOR1 és HOR2 tanulmányozása lehetőséget adna cimilvegyületekben gazdag aromanövényeink választékának bővítésére olyan új taxonokkal, amik a kakukkfűnél, borsikafűnél nagyobb zöldtömeget adhatnak, és kevésbé igényesek a talajra, így rosszabb adottságú hegyvidéki területeken is művelhetők lehetnének.

6.5. JAVASLATOK EGYES KLÓNOK TOVÁBBI TANULMÁNYOZÁSÁRA

A HOR1 az illóolaj-összetétele miatt javasolt a további tanulmányozásra. Kiinduló anyaga lehet egy, az élelmiszeriparnak (mind tartósító, mind ízesítő céllal), esetleg a kozmetikai ipar, háztartásvegyipar számára karvakrol-timol-1,8-cineol alapú illóolajat szolgáltató új növényfajtának. Előnyös tulajdonsága e szempontból, hogy illóolajának koncentrációviszonyai tapasztalataink szerint stabilak, a növényt érő környezeti hatások kevésbé befolyásolták őket.

A *HOR2* szaporítását polifenol-összetétele miatt javasolnám. A növény, mint fenoloidgazdag kivonatok nyersanyaga számba vehető lehet, RA-, eriocitrin-, lonicerintartalma és tárgyalt in vitro AO tulajdonságai miatt. A növény előnyös tulajdonsága lehet magas termete (80-100 cm) és zöldtömege. A *HOR2*-nek mind polifenol-, mind illóolaj-összetételében egyaránt tapasztalt, a többi klónétól eltérő nagy változások alapján a növény hatékonyan képes alkalmazkodni környezetéhez ami viszont valószínűleg nemesítéssel stabilizálható.

Az *EGR3* klónt mint rozmaringsav-forrást, egy ezt biztosító fajta lehetséges alanyát lehet javasolni, ha igény mutatkozik erre. Egerben – a másik két RA-heszperidin-típustól eltérően – a 2. és 3. évében egyformán 43 000-46 000 mg/kg RA-tartalmú L1 hajtást adott. Mindkét új helyén jelentősen több RA-at halmozott fel vadontermő mintáihoz képest (helyi különbségek ellenére is 25000-35 000 mg/kg-t elérő ez a többlet), azaz összetételében rugalmas.

7. ÚJ TUDOMÁNYOS ÉS GYAKORLATI EREDMÉNYEK

Új tudományos eredmények

- 1) A lómenta négy fenolos vegyületéről elsőként közöltünk megbízható mennyiségi adatokat. A heszperidin 30 000 mg/kg-ig, a diozmin csaknem 8000 mg/kg, az eriocitrin 46 000 mg/kg, a lonicerin pedig 31 000 mg/kg-ig, a gyakorlat számára is hasznosítható mennyiségben halmozódott fel.
- 2) Az öt klón fenoloid összetételében egyedfejlődéstől és környezettől független eltéréseket mutattunk ki, aminek alapján a *Mentha longifoliában* polifenol alapú kemotaxonokat különítettünk el. Ezek közül három „rozmaringsav-heszperidin” típus (KBT, HOR-1, EGR3), egy (HOR-2) flavonokban (lonicerin, cinarozid) flavanonokban (eriocitrin, heszperidin) és RA-ban is gazdag „vegyes típus”; egyet pedig (DOM) „lonicerin-rozmaringsav” típusnak írtunk le.
- 3) Az illó komponensek tekintetében a lómenta két új kemotípusát határoztuk meg: Elsőként detektáltunk a fajból karvakrol-acetátot, mint fő illóolaj-összetevőt, ami – fajra, sőt nemzetségre is atipikus módon – karvakrol, karvakrol-acetát, timol, 1,8-cineol nagy koncentrációival együtt van jelen. Ugyancsak új kemotípusnak tekinthető a kiemelkedő szeszkviterpén-tartalmat és magas cisz-piperiton-epoxid-arányt kombináló klón is. Öt lómenta klón vizsgálata alapján az illóolaj-és polifenol-alapú kemotaxonok egymástól függetlenek a fajban.

Új gyakorlati eredmények

- 1) Fenoloidgazdag lómenta drog előállításához javaslatot tettünk az optimális betakarítási időpontra, ami nem esik egybe a mentafélék illóolajnyerésre alkalmas optimumával. A növény TPC-, DPPH EC₅₀-, FRAP-értékeit, rozmaringsav-, eriocitrin-, lonicerin-tartalmát értékelve (saját összeállítású, csekély szoftverigényű) rangszámalapú számítással a tavaszi vegetatív hajtás adja az optimumot.
- 2) A vizsgált klónok közül a gyakorlati hasznosítás céljaira javasoljuk fenntartani és tovább tanulmányozni a HOR1-et, cimilvegyületekben gazdag illóolaja miatt; HOR2-t, mint rozmaringsav-és flavonoiddús, környezetéhez rugalmasan alkalmazkodó típust; és az EGR3-at, mint rozmaringsavtermelésre specializált fajta alapanyagát.

8. ÖSSZEFOGLALÓ

A lómenta (*Mentha longifolia* L.) a Föld legelterjedtebb vadon termő mentafaja. A különféle élőhelyekhez jól alkalmazkodó, nagy genetikai változatosságot – és ebből eredően, mind fenoloid-, mind illó vegyületeiben polikemizmust mutató fajt, a fodormenta és közvetve a borsosmenta szülőfaját – azonban az ipar eddig nem hasznosította nagy léptékben. Vizsgálatát, termesztésbe vételét indokolhatja a növény hazai gyakorisága is. Természetes változatossága egyfelől kedvező polifenol-összetételű típusok kiválasztására ad lehetőséget, rozmaringsavban és egyes flavonoidokban gazdag antioxidáns készítmények forrásaként, az ipar számára. Szelektált pulegon-és mentofuránmentes típusai pedig aromanövényként ízesítő, vagy tartósító (antioxidáns, illetve antimikrobiális) hatású illóolajat szolgáltathatnak. Mindezek alapján a doktori munka céljaként fel kívántuk tárni a lómenta kémiai variabilitását, az ezt befolyásoló tényezőket mind polifenol, mind pedig illó komponensei tekintetében.

Jelen munka során a lómenta magyarországi, illetve európai állományából először készült részletes, nagy mintaszámú fitokémiai felmérés, magában foglalva 36 észak-magyarországi régióból származó vadontermő, továbbá öt, ezek közül kiválasztott (HOR1, HOR2, EGR3, DOM, KBT) populáció termesztett állományának mintáit. A termesztési kísérleteket 2018-2020 között folytattuk két termőhelyen, Egerben és Budapesten. A vadontermő állományokat virágzás fázisában (2016-ban és 2017-ben), a termesztett állományokat pedig a vegetációs idő folyamán öt egymást követő fenofázisban mintáztuk.

A szobahőmérsékleten szárított, fosztott mintákból a fenoloidok mennyiségi meghatározását vizes-alkoholos (30-70%) kivonással, háromfokozatú ultrahangos extrakcióval végeztük, a fő fenoloid összetevőket pedig HPLC-DAD alapú mennyiségi meghatározással. A kivonatokból DPPH és FRAP módszerrel antioxidáns kapacitást határoztunk meg, mind az össz kivonatokra, mind pedig a fő fenolos összetevőkre nézve. Az illóolaj előállítását (a termesztett minták virágos hajtás drogjából Clevenger-desztillációval (Ph. Hg. VII) végeztük, az illóolaj spektrum analízise pedig GC-MS módszerrel történt.

A kísérleti munka során metodikai fejlesztéseket is végeztünk, választ keresve arra a kérdésre, hogy milyen oldószer és melyik módszer adja legmagasabb összpolicenol-tartalmat, illetve kétféle paraméterrel mért antioxidáns aktivitásra nézve legjobb értékeket.

A kísérletek legfontosabb eredményei a következők.

A vadontermő minták vizsgálata alapján a faj heszperidin-tartalmára nézve először tudtunk az irodalomban mennyiségi adatokat közölni. Megállapíthattuk, hogy vadontermő populációkból

gyűjtött mintáink nagyon heterogének, és kb. 25%-uk kifejezetten gazdag e flavanonban (20 000-30 000 mg/kg), a termesztett mentákat meghaladóan. A faj diozmin-tartalmára nézve szintén az első mennyiségi adatokat mértük. A napjainkban – a heszperidinhez hasonlóan – pl. étrendkiegészítőkben alkalmazott 4'-metoxiflavon 398-7897 mg/kg közti koncentrációja termesztett menta taxonokéval összemérhető vagy annál tágabb intervallumot jelent. A flavonoidok mellett, a faj rozmaringsav-tartalmáról az első nagy mintaszámot bevonó felmérést adtuk Európában. Eszerint a növény, nem domesztikált volta ellenére, összemérhető e szempontból többféle – nem rozmaringsav-termelésre specializált – termesztett menta taxonnal, illetve, a fajból a korábbi, Iránban és Izraelben végzett nagymintaszámú felmérések értékeit meghaladja, vagy azoknak intervallumában van – heterogenitása rozmaringsav-tartalom szempontjából tehát az európai állományokban is jelentkezik. Sem a mind a flavonoid-összetételben, sem a rozmaringsav-ban megfigyelt variabilitás nem jelentett azonban mintáink között földrajzi vagy élőhelyi alapon megkülönböztethető csoportokat. A termesztési kísérlet mintáiból a fentebb tárgyalt vegyületeken kívül eriocitrin és lonicerin is meghatároztunk.

A növény – összpolidenol-és rozmaringsav-tartalommal korreláló – antioxidáns tulajdonságairól megállapítottuk, hogy erősen oldószer-függők, a kivonatólást etanol: víz 7:3 eleggyel előnyös végezni, az elterjedten használatos metanol helyett. Ez esetben a vadontermő lómenta gyökbefogóképessége változó, de nagyságrendileg nem marad el jelentősen a hasonló reakciókörülmények közt vizsgált, termesztett mentákétól.

Munkánk főbb eredményeit az alábbiakban foglaljuk össze.

1) Új, polifenol-összetételben különböző kemotaxonokat különítettünk el a fajban. Az öt termesztésben lévő állomány összetételében – legmarkánsabban, a flavonoidprofilban – megállapíthatók voltak egyedfejlődéstől és környezettől független eltérések, amiket így valószínűsítettünk, hogy örökletesek. Ezek közül három populáció (KBT, HOR1, EGR3 jelű) RA-heszperidin alapú. Közös jellemzőjük a termőhelyi, évszázati, egyedfejlődésbeli hatásokra egyszerre, erőteljesen reagáló, de nem tartósan folytatott magas koncentrációjú rozmaringsav-termelés, amiből a kísérlet legmagasabb rozmaringsav-tartalmú mintáit kaptuk. Egy kemotaxon (HOR2) flavonokban (lonicerin, cinarozid) flavanonokban (eriocitrin, heszperidin) és rozmaringsav-ban is gazdag; egyet pedig (DOM) elsősorban lonicerin és RA határoz meg, kisebb koncentrációkban hozzájuk társuló flavanonokkal. A két flavonoidgazdag taxon közös jellemzője a többiekénél magasabb összpolidenol-tartalom mellett a stabilabb in vitro antioxidáns paraméterek is (pl. tartósan alacsony EC_{50}).

- 2) A növény öt állománya közül négy (HOR1, HOR2, EGR3, DOM) halmozott fel eriocitrin. Eredményeik a fajból az első megbízható mennyiségi adatokat jelentik, egyben azt jelzik, hogy a növény valószínűsíthetően – nemzetsége többi tagjához hasonlóan – elsősorban flavanon-és flavontermelő, ha a flavonoidokon belüli vegyülettípusokat (anyagcsereút-ágakat) tekintjük. Az eriocitrin koncentrációját kemotaxonján kívül az életkor határozza meg, 2. évtől termelődik jelentős koncentrációban. Hasonló jelenségről sem ebből a fajból, sem más menta taxonból nincs tudomásunk.
- 3) Mind az öt kísérleti taxon termelt lonicerint. A lonicerin-tartalom összemérhető vagy nagyobb, mint egyes termesztett menta taxonoké. Erősen kemotaxon-függő, amelletts viszonylag egyértelmű fenofázis szerinti mozgását tapasztaltuk (ez a flavanonokétól eltérő viselkedés).
- 4) A flavonoidok koncentrációi és az antioxidáns mutatók (DPPH EC₅₀ és FRAP értékek) közti korrelációk tanulmányozásával megállapítottuk, hogy a 4'-metoxi-flavonoidoknak nincs jelentős korrelációja az antioxidáns mutatókkal. A 3',4'-dihidroxi-flavonoidok közül az eriocitrin-tartalom a termesztett mintákban gyengén vagy középerősen ($r_s = 0,35-0,49$ -ig), szignifikánsan korrelált az antioxidáns mutatókkal. Az eredmények alapján azt találtuk, hogy a cinarozid-tartalom és az *in vitro* antioxidáns aktivitás közt nincs szignifikáns korreláció, a nagyobb koncentrációkban jelenlévő lonicerin szerepe az antioxidáns paraméterekben pedig bizonytalan. E megfigyelések ellentétben vannak a luteolin szerkezete és antioxidáns tulajdonságai közti összefüggésről való előzetes ismereteinkkel.
- 5) Három év és két termőhely adatai alapján megállapítottuk, hogy a lómenta polifenol tartalma és annak spektruma a vegetációs idő folyamán kihajtástól az újrasarjadzásig változóan alakul. Ezt befolyásolja a termőhely és a növényállomány kora is. A drog összpolicenol-, DPPH EC₅₀-, FRAP-, értékeit, rozmaringsav-, eriocitrin-, lonicerin-tartalmát komplexen értékelve – saját összeállítású, szoftvert gyakorlatilag nem igénylő rangszámalapú számítással –, azt kaptuk, hogy tavaszi vegetatív (L1) hajtás a legjobb minőségű, ha polifenolgazdag, erős aktivitású kivonat a termesztés célja. Adataink alapján a polifenolok termelődése a legtöbb esetben a termesztés 2. évében maximális.
- 6) Eredményeink alapján új, illóolaj alapú kemotípusok meghatározására is sor került. A HOR1 jelű, hór-völgyi eredetű mintából eddig ismeretlen kemotípust írtunk le. A növény illóolaja karvakrol, karvakrol-acetát, timol, 1,8-cineol nagy koncentrációin alapszik. Karvakrol-acetátról, mint fő összetevőről ez az első adat a fajból. A γ -terpinén anyagcseretermékeken alapuló illóolajösszetétel a fajban atipikus. A *Mentha* nemzetség egészét tekintve is ritka jelenségről van szó: 2022 márc. 1-ig csak a lómenta-hibrid fodormentából voltak adatok

találhatók γ -terpinén-, vagy egyidőben fenntartott γ -terpinén-és limonén-oxo anyagcsereútra mutató összetételekről, ezek is szórványosan. A másik, *EGR3* jelű klón, vegyületcsoportjait nézve (limonén-3-oxo/epoxidok és szeszkviterpének/szénhidrogének) tipikus a fajban. Ugyanakkor hasonlóan nagy koncentrációban jelenlévő szeszkviterpénekről, illetve, ezek kombinációjáról a *cisz*-piperiton-epoxiddal mint fő összetevővel, nincs irodalmi előzmény a fajból. Az illóolaj és a polifenol alapú kemotaxonok egymástól függetlenek a fajban.

9. SUMMARY

Horsemint (*Mentha longifolia* L.) is the most widespread wild-grown *Mentha* taxon on the Earth (Vining et al, 2005; Tucker and Naczi, 2007). It is also highly abundant in the Northern Hungarian Mountainous region of Hungary. Horsemint is one of the two parental species of the amphiploid *Mentha x spicata* L (Gobert et al, 2006), thus also a parental species of *M. x piperita*. It is adaptive to a wide range of habitats, as it is highly variable from genetical viewpoint. From the wide variety of its genotypes, polychemism of the species seems to be following both in volatile components and shikimates. Contrary to the abovementioned, nowadays horsemint has no large-scale utilization in the industry. This species may be a pool for selection of types rich in caffeoyl and 3',4'-dihydroxyflavonoids serving as raw material for industrial antioxidants (AOs) (especially in the food industries). On the other hand, selected pulegone and menthofuran free chemotaxa of the species may be utilizable as aromatic crops. Their essential oil can serve as flavouring (e.g. rich in carvone and relative compounds) or, in the case of thymol/carvacrol-based types, preservative (AO and/or antimicrobial) agents.

The present study means the first detailed phytochemical screening of the populations of the species in Europe, involving the samples of 36 wild-grown populations collected in full bloom in Northern Hungary, and as the next phase of the work, a cultivation experiment based on the results given by the wild-growing samples.

On the material (naturally dried and then leaves and inflorescences separated from the stems) of the wild-growing populations, we examined the variability of the polyphenol profile in the species through the HPLC-DAD determination of RA and a couple of flavonoids, namely hesperidin, cynaroside and diosmin. In parallel it was studied which extraction method (Soxhlet or ultrasonic) and solvent (methanol or 7:3 ethanol:water) gave optimal extraction. Optimum in this terms characterized by highest total polyphenol contents, radical scavenging activity (against DPPH) and ferrous reducing activity (via FRAP assay). The cultivation experiment aiming domestication of the species as the raw material of polyphenolic antioxidants and as an aromatic plant in the industry involved two cultivation sites (Eger in the Northern Mountainous Region of Hungary and Soroksár near Budapest, belonging to the Hungarian Great Plains) and multiple years, unlike the previous studies (Dudai et al, 2006; Fialová et al, 2008, Moshrefi Araghi et al, 2019) found in literature. This gives more insight to the diversity and concentration-AO activity correlations of less studied flavonoids of the species. Beside this, the experimental cultivation added new data to the essential oil chemotaxonomy of the species,

based on the results of GC-MS examination of the hydrodistilled EO of the naturally dried blooming shoots.

The analysis of the wild-growing horsemint samples resulted the first quantitative data of hesperidin and diosmin in the species, contrary that these flavonoids are typical in *Mentha* species and are used in e.g. some nutritional supplements in pure form. We established that ca. 25% of the studied populations are specifically rich in hesperidin (20 000-30 000 mg/kg dry plant weight) and that the diosmin content can be up to 8000 mg/kg dry plant weight. Besides screening of flavonoids, our work gives the first systematical study of rosmarinic acid (RA) content of the species in Europe. In accordance with our results, the RA content of the wild-growing populations (ca. 7000-38700 mg/kg dry plant weight), was comparable with multiple cultivated (but not specialized RA-producing) mint taxa (e.g. peppermint, examined by Guédon and Pasquier, 1994) contrary that *M. longifolia* is not domesticated. The heterogeneity observed both in RA content and concentration of flavonoids did not denote distinguishable groups of samples based on geographical origin and/or habitat type. Finally, it was established that the AO parameters (correlating with total polyphenol and RA contents) of the horsemint extracts are strongly solvent dependent and in contrast with the similar polarity, 7:3 ethanol:water mixture is more efficient from this viewpoint than methanol.

From the samples gained in the cultivation experiment lonicerin and eriocitrin was also determined beside RA and the three flavonoids. New findings on the polyphenol profile of the species based on the cultivation experiment are as follows:

- 1) *Polyphenol chemotaxa are distinguishable in the species.* In the polyphenol profile of the five accessions in the cultivation experiment, especially in flavonoid composition, significant differences were detectable between the accessions regardless of environmental factors and ontogeny of the plants. Therefore, these differences may be suggested to be genetically determined. Three of the accessions (KBT, EGR3 and HOR1) may be classified as RA-hesperidin types. However, KBT differs from the others, as it is extremely poor in other flavonoids than hesperidin. Nevertheless, their common feature is the RA production reacting to ontogenetical and environmental factors strongly, at the same time. This manifested in that we gained from them the samples with highest RA content in the cultivation experiment (ca. 42 000 -56 000 mg/kg dry plant weight) together with strong antiradical activity (down to 221 mg/l EC₅₀). But these values were observable exclusively in spring vegetative shoots of 2-3 year old individuals of them in the Eger site. Accession HOR2 seems to be a 'mixed'

type as it is rich in luteolin-7-O-glycosides, flavanones and RA in parallel. The fifth accession (DOM) is based on lonicerin and RA. A common characteristic of these two chemotaxa is that their TPC are higher than of the RA-hesperidin types and their AO parameters are more stable during the year, not depending the cultivation site.

- 2) *Presence of eriocitrin in the species.* Although eriocitrin is a common flavonoid in *Mentha* genus (Guédon and Pasquier, 1994; Pereira and Cardoso, 2012) there were no reliable quantitative data of it available in the species. Four of the five chemotaxa (HOR1, HOR2, EGR3, DOM) produce this flavanone in highly diverse concentration intervals. Accession HOR2 reaches up to ca 46 000 g/kg dry plant weight, DOM up to 10 000 and the other two <5000 mg/kg. Their results suggest that *M. longifolia* may be primarily flavanone and flavone based as it is usual in the genus.
- 3) *Eriocitrin concentrations* seem to be primarily influenced by the polyphenol chemotaxon of the mints. Nevertheless all four eriocitrin-producing horsemint types showed a *determinative, age-dependent pattern in the accumulation* of this flavanone. Regardless to site and chemotaxon, none of them produced eriocitrin in significant concentrations. Accumulation uniformly started in the second year.
- 4) *Presence of lonicerin in the species.* All five accessions produced lonicerin in chemotaxon-dependent extents (HOR2 and DOM up to ca 30 000 mg/kg dry plant weight and the others up to ca. 3000-6000 mg/kg). Their results mean the first reliable quantitative data of this flavone in the species. The lonicerin contents is comparable or higher than the results of Guédon and Pasquier (1994) who established to a measurement of 40 peppermint accessions (up to ca. 13 000 mg/kg dry weight plant). Contrary to the concentration of flavanones in the accessions, a phenophase-dependent pattern was observable in the lonicerin contents.
- 5) *Correlations between the AO parameters and the presence of certain flavonoids.* The present work is the first examination of these connections in the species, as the previous study (Dudai et al., 2006) restricted chemical analyses to caffetannins and the correlation calculations to RA and caffeic acid. In general, it was mentioned that the two flavonoid-rich mints had more stable AO parameters instead of a steep maximum or a outlier connected to the spring vegetative phase as it was observed to RA-hesperidin types. In details, 4'-methoxy flavonoids (hesperidin and diosmin) have no correlation with the AO parameters. This is in accordance with several previous records of structure-AO activity relations in flavonoids. Eriocitrin contents are in medium ($r_s=0.35-0.49$) significant ($p<0.001$) correlation with the AO indices as it was calculated in

Spearman's method. This finding is in accordance with the literature of flavonoid structure-AO activity (e.g. Bors et al. 1990; N. Shen. et al, 2022). Nevertheless, the role of luteolin-7-O-glycosides in the AO activity of horsemint extracts was found to be ambiguous from the results of correlation calculations, contrary to that luteolin may be considered as a potent radical scavenger, chelator and reducing agent (Burda and Oleszek, 2001; Shen N. et al, 2022)

- 6) *The optimal phenophase for harvesting horsemint as a polyphenol-containing crop.* Based on our results the spring vegetative phase is suggestable to be optimal, in contrast with the usual optima of the harvesting mints cultivated for their volatiles (Praszna, 2013). This optimum was established with the aid of a ranking method made on spot. The ranking calculations involved datasets of TPC, AO parameters, and concentrations of RA, eriocitrin and Ionicerin.

Referring to the essential oil (EO) composition of the horsemint, new findings derived from the cultivation experiment are as follows.

- 1) *A new EO chemotype of the species.* AccessionH0R1 shows absence of limonene derivatives in its EO but high concentrations of carvacrol, carvacryl acetate, thymol, 1,8-cineole. With relevance to carvacryl acetate as main ($5 \leq \text{area}\%$) component no previous record from the species can be found. In general the dominance of γ -terpinene derivatives in the EO is rare in the entire *Mentha* genus. Till 1st March 2022 we found some sporadic data on EOs showing metabolic pathway of γ -terpinene or γ -terpinene and limonene simultaneously only from horsemint (Mimica-Dukić et al 1993; Hassanzadeh et al, 2011; Akşit et al, 2013; Čavar Zeljković, 2021) and its amphiploid spearmint (Stoeva and Ilyev, 1997; Zeinali et al, 2005; Kizil and Tonçer, 2006). In addition, the details of γ -terpinene metabolism in *Mentha* sp. are unknown.
- 2) *Chemotype of EGR3* Regarding its compound groups (Limonene-3-oxo derivatives/Epoxides and Sesquiterpenes/Hydrocarbons), EGR3 is typical in the species. Nevertheless in the cis-piperitone epoxide chemotaxon which involves EGR3, no previous data on a sesquiterpinene-rich type as EGR3 was found.
- 3) Based on our findings the *polyphenol chemotaxa and EO chemotypes in the species are independent* from each other.

M1 MELLÉKLET

Irodalomjegyzék

M1.1. A dolgozat készítéséhez felhasznált folyóiratcikkek, könyvek, könyvrészletek és spektrumkönyvtárak

- 1) ADAMS, R. P. (2017): Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4th Edition. Allured Publishing Corp., Carol Stream, Illinois, USA. ISBN-13: 978-19326332142017.
- 2) AGGARWAL, K.K., KHANUJA, S.P.S., AHMAD A., SANTHA KUMAR, T.R., GUPTA VIVEK, K. KUMAR, A. (2002): Antimicrobial activity profiles of the two enantiomers of limonene and carvone isolated from the oils of *Mentha spicata* and *Anethum sawa*. *Flavour and Fragrance Journal* 19 59–63 p.
<https://doi.org/10.1002/ffj.1040>
- 3) AKROUM, S., BENDJEDDOU, D., SATTA, D., LALAOUI, K. (2009): Antibacterial activity and acute toxicity effect of flavonoids extracted from *Mentha longifolia*. *American Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 4 93–96 p. DOI: N.A. PMID: N.A.
- 4) AKŞIT, H., DEMIRTAS, I., TELCI, I., TARIMCILAR G. (2013): Chemical diversity in essential oil composition of *Mentha longifolia* (L.) Hudson subsp. *typhoides* (Briq.) Harley var. *typhoides* from Turkey. *Journal of Essential Oil Research*, 25 430–437 p.
<https://doi.org/10.1080/10412905.2013.829005>
- 5) ALI, H.M., ELGAT, W.A.A.A., EL-HEFNY, M., SALEM, M.Z.M., TAHA, A.S., AL FARRAJ, D.A., ELSHIKH, M.S., HATAMLEH, A.A., ABDEL-SALAM, A. (2021): New approach for using of *Mentha longifolia* L. and *Citrus reticulata* L. essential oils as wood-biofungicides: GC-MS, SEM, and MNDO quantum chemical studies. *Materials*, 14 1361-1379. p. <https://doi.org/10.3390/ma14061361>
- 6) ALI M.S., SALEEM, M., AHMAD W, PARVEZ M, YAMDAGNI R. (2002): A chlorinated monoterpene ketone, acylated glycosides of beta-sitosterol and a flavonoid glycoside of *Mentha longifolia*. *Phytochemistry*, 59 889–895.
[https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(01\)00490-3](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(01)00490-3)
- 7) ALI M.S., AHMED, W., SALEEM, M., KHAN T. (2006a): Longifoamide-A and B: Two new ceramides from *Mentha longifolia* (Lamiaceae). *Natural Product Research*, 20 (10), <https://doi.org/10.1080/14786410500445186>

- 8) ALI M.S., AHMED, W., SALEEM, M., ASHFAQ ALI, M. (2006b) Longifoside-A and -B: two new cerebrosides from *Mentha longifolia* (Lamiaceae). *Natural Product Research*, 20 (8) 715-723. p. <https://doi.org/10.1080/14786410500182219>
- 9) AL-OKBI, Y.S., FADEL, H.H.M., MOHAMED, D.A. (2015): Phytochemical constituents, antioxidant and anticancer activity of *Mentha citrata* and *Mentha longifolia*. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 6 739–751. p. DOI: NA. PMID: NA. Record №.: 20153064423
- 10) APAK, R., GUCLU, K., DEMIRATA, B., OZYUREK, M., CELIK, S. E., BEKTASOĞLU, B., BERKER K. I., OZYURT, D (2007): Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*, 12 1496-1547. p. <https://doi.org/10.3390/12071496>
- 11) AUGUSTIN, B., JÁVORKA, S., GIOVANNINI, R., ROM, P. (1948). Magyar gyógynövények. I. Általános és leíró rész. Földművelésügyi Minisztérium, Budapest. 253. p.
- 12) BACCHETTA, L., VISIOLI, F., CAPPELLI, G., CARUSO, E., MARTIN, G., NÉMETH, É., BACCHETTA, G., BEDINI, G., WEZEL, A., van ASSELDONK, T., van RAAMSDONK, MARIANI, F., on behalf of the Eatwild Consortium (2016): A manifesto for the valorization of wild edible plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 191 180–187. p. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.05.061>
- 13) BAHADORI, B.M., ZENGIN, G., BAHADORI, S., DINPARAST, L, MOHAVVANI, N.(2018): Phenolic composition and functional properties of wild mint (*Mentha longifolia* var. *calliantha* (Stapf) Briq.). *International Journal of Food Properties*, 21 183–193. p. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1440238>
- 14) BALOGH, E.(2010): Antioxidáns kapacitás meghatározása és ennek kialakításában szerepet játszó vegyületek vizsgálata bogyós gyümölcsök esetében. Doktori (PhD) értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem. Elérhető: http://phd.lib.uni-corvinus.hu/537/1/balogh_emoke.pdf. Lekérdezés időpontja: 2022 05 23 8:30
- 15) BANDHYOPADHYAY, M., CHAKRABORTY, R., RAYCHAUDHURY, U. (2008): Antioxidant activity of natural plant sources in dairy dessert (Sandesh) under thermal treatment. *LWT-Food Science and Technology*, 41 816–825. p. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.06.001>
- 16) BARIS, O., KARADAY, M., YANMIS, M., GÜVENALP, Z., BAL, T., GÜLLÜCE, M. (2011): Isolation of 3 flavonoids from *Mentha longifolia* (L) Hudson subsp. *longifolia* and determination of their genotoxic potentials by using the E coli WP2 test

- system. *Journal of Food Science* 79, T: Toxicology, T212-T217. p.
<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02405.x>
- 17) BAŞER, K.H.C., KÜRKCÜOĞLU, M., TARIMCILAR, G., KAYNAK, G. (1999): Essential oils of *Mentha* species from Northern Turkey. *Journal of Essential Oil Research*, 11 579–588. p. <https://doi.org/10.1080/10412905.1999.9701218>
- 18) BAŞER, K.H.C., KÜRKCÜOĞLU, M., DEMIRCI, B., ÖZEK, T., TARIMCILAR, G.(2012): Essential oils of *Mentha* species from Marmara region of Turkey. *Journal of Essential Oil Research*, 24 265–272. p.
<https://doi.org/10.1080/10412905.2012.676775>
- 19) BENEDEC, D., VLASE, L., ONIGA, I., MOT, A.C., SILAGHI-DUMITRESCU, R., HANGANU D., TIPERCIUC, B.T., CRISAN, G. (2013): LC-MS analysis and AO activity of phenolic compounds from two indigenous species of *Mentha*. Note I. *Farmacia*, 61 262–267. p. DOI: N.A. PMID: N.A.
- 20) BENZIE, I.F.F., STRAIN, J.J. (1996): The ferric reduction ability of plasma (FRAP) as a measure of “Antioxidant Power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70–76. p. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- 21) BENZIE, I. F. F. (2000): Evolution of antioxidant defence mechanisms. *European Journal of Nutrition*, 39 53-61. p. <https://doi.org/10.1007/s003940070030>
- 22) BERNÁTH, J., NÉMETH, É. (2007): Gyógy-és fűszernövények gyűjtése, termesztése és felhasználása. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 111. p. ISBN-13: 978-9632864938
- 23) BERTOLI A., LEONARDI, M., KRZYZANOWSKA, J., OŁESZEK, W., Pistelli, L. (2011): *Mentha longifolia* in vitro cultures as safe source of flavouring ingredients. *Acta Biochimica Polonica* 58 581–587. p. https://doi.org/10.18388/abp.2011_2228
- 24) BICCHI, C., CHAINTREAU, A., JOULAIN, D. (2018): Technical editorial: Identification of flavour and fragrance constituents. *Flavour Fragrance Journal*, 33 201-202. p. <https://doi.org/10.1002/ffj.3445>
- 25) BORS, W., HELLER, W., MICHEL, C., SARAN, M. (1990): Flavonoids as antioxidants: determination of radical-scavenging efficiencies. *Methods in Enzymology*, 186 343–355. p. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(90\)86128-I](https://doi.org/10.1016/0076-6879(90)86128-I)
- 26) BOURWIEG, D., POHL, R. (1973): The flavonoids of *Mentha longifolia*. *Planta Medica*, 24 304–314. p. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1099503>
- 27) BURDA, S., OŁESZEK, W. (2001): Antioxidant and antiradical activity of flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 2774–2779. p.
<https://doi.org/10.1021/jf001413m>

- 28) ČAVAR ZELJKOVIĆ, S., ŠIŠKOVÁ, J., KOMZÁKOVÁ, K., DE DIEGO, N., KAFFKOVÁ, K., TARKOWSKI, P. (2021): Phenolic compounds and biological activity of selected *Mentha* species. *Plants*, 10 550-568.
p. <https://doi.org/10.3390/plants10030550>
- 29) CORNELLI, U. (2009): Antioxidant use in nutraceuticals. *Clinics in dermatology*, 27 175-194 p. <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2008.01.010>
- 30) CSEPREGI, K., NEUGARTH, S., SCHREINER, M., HIDEG, É. (2016): Comparative evaluation of total antioxidant capacities of plant polyphenols. *Molecules*, 21 208-225.
p. <https://doi.org/10.3390/molecules21020208>
- 31) DAMIEN-DORMAN, H.J., KOŞAR M., KAHLOS K., HOLM, Y., HILTUNEN, R. (2003): Antioxidant properties and composition of aqueous extracts from *Mentha* species, hybrids, varieties, and cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 4563–4569. p. <https://doi.org/10.1021/jf034108k>
- 32) DUDAI, N., SEGEV, D., HAVKIN-FRENKEL, D., ESHEL, A. (2006): Genetic variation of phenolic compounds content, essential oil composition and antioxidative activity in Israel-grown *Mentha longifolia* L. *Acta Horticulturae*, 709 (ISHS 2006) 69-78. p. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.709.8>
- 33) E FREITAS, J. R. L., VENDRAMINI P.H., MELO, J.O.F., EBERLIN M. N., RODINEI, A. (2019): Assessing the spatial distribution of key flavonoids in *Mentha × piperita* leaves: An application of desorption electrospray ionization mass spectrometry imaging (DESI-MSI) *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 30 1437-1446. p. <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20190039>
- 34) EHSANI, A., MAHMOUDI, R. (2012): Effects of *Mentha longifolia* L. essential oil and *Lactobacillus casei* on the organoleptic properties and on the growth of *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes* during manufacturing, ripening and storage of Iranian white-brined cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 66 70–76. p. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2012.00865.x>
- 35) ELANSARY, H.O., MAHMOUD, E.A. (2015): Egyptian herbal tea infusions' antioxidants and their antiproliferative and cytotoxic activities against cancer cells. *Natural Products Research*, 29 474–479. p. <https://doi.org/10.1080/14786419.2014.951354>
- 36) EPA/HMPC/138386/2005 Rev 1. European Medicines Agency, Committee on Herbal Medicinal Products (HMPC) (2016) Public statement on the use of herbal medicinal products containing pulegone and menthofuran. Elérhető:

https://www.ema.europa.eu/documents/scientific-guideline/public-statement-use-herbal-medicinal-products-containing-pulegone-menthofuran-revision-1_en.pdf.

Lekérdezés időpontja: 2022 05 23 7:40

- 37) ERTAŞ, A., GÖREN, A. C., HASIMI, N., TOLAN, V., KOLAK, U. (2015): Evaluation of antioxidant, cholinesterase inhibitory and antimicrobial properties of *Mentha longifolia* ssp. *noëana* and its secondary metabolites. *Records of Natural Products*, 9 105-115. p. DOI: N. A. PMID: N. A.
- 38) EVERETTE, J. D., BRYANT, Q.M., GREEN, A.M., ABBEY, Y. A., WANGILA, G. W., WALKER, R. B. (2010): A thorough study of reactivity of various compound classes towards the Folin-Ciocalteu reagent. *Journal of Food and Agricultural Chemistry*, 58 (14) 8139–8144. p. <https://doi.org/10.1021/jf1005935>
- 39) FARZAEI, M.H., BAHRAMSOLTANI, R., GHOBADI, A., NAJAFI, F. (2017): Pharmacological activity of *Mentha longifolia* and its phytoconstituents. *Journal of Traditional Chinese Medicine (JTCM)*, 37 710–720. p. [https://doi.org/10.1016/S0254-6272\(17\)30327-8](https://doi.org/10.1016/S0254-6272(17)30327-8)
- 40) FLEISHER, A., FLEISHER, Z. (1991): The essential oils from *Mentha longifolia* growing in Sinai and Israel. *Journal of Essent Oil Research*, 3 57-58. p. <https://doi.org/10.1080/10412905.1991.9697909>
- 41) FLETCHER R.S., SLIMMON, T., KOTT, L.S. (2010) Environmental factors affecting the accumulation of rosmarinic acid in spearmint (*Mentha spicata* L.) and peppermint (*Mentha piperita* L.) *The Open Agriculture Journal*, 4 10-16. p. <http://dx.doi.org/10.2174/1874331501004010010>
- 42) FIALOVÁ, S., TEKEL'OVÁ, D., MRLIANOVÁ, M., GRANČAI, D. (2008): The determination of phenolic compounds and antioxidant activity of mints and balms cultivated in Slovakia. *Acta Facultatis Pharmaceuticae Universitatis Comenianae*, LIV 96-102. p. DOI: NA.
- 43) GHOULAMI, S., IL-IDRISSI, A., FKIH-TETOUANI, S. (2001): Phytochemical study of *Mentha longifolia* of Morocco. *Fitoterapia*, 72 596–598. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.061>
- 44) GOBERT, V., MOJA, S., COLSON, M., TABERLET, P. (2002). Hybridization in the section *Mentha* (*Lamiaceae*) inferred from AFLP markers. *American Journal of Botany*, 89 2017–2023. <https://doi.org/10.3732/ajb.89.12.2017>
- 45) GOLPARVAR, R., HADIPANAH, A., GHEISARI, M.M., SALEHI, S., KHALILAZAR, R., GHASEMI, O. (2017): Comparative analysis of chemical

- composition of *Mentha longifolia* (L.) *Journal of Herbal Drugs*, 7 (4) 235-241. p.
DOI: NA
- 46) GOSZTOLA, B. (2012) Alföldi vadon termő orvosi kamilla (*Matricaria recutita* L.) diverzitásának értékelése morfológiai és beltartalmi szempontból. Doktori (PhD) disszertáció. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest. Elérhető: http://phd.lib.uni-corvinus.hu/600/1/Gosztola_Beata.pdf Lekérdezés időpontja: 2022. 05 23 7:43
- 47) GRAYER, R.J., ECKERT, M.R., VEITCH, N.C., KITE, G.C., MARIN, P.M., KOKUBUN, T., SIMMONDS, M. S. J., PATON, A. J. (2003). The chemotaxonomic significance of two bioactive caffeic acid esters, nepetoidins A and B, in the *Lamiaceae*. *Phytochemistry*, 64, 519-528. [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(03\)00192-4](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(03)00192-4)
- 48) GUÉDON, D.J., PASQUIER, B. P. (1994). Analysis and distribution of flavonoid glycosides and rosmarinic acid in 40 *Mentha x piperita* clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 679-684. <https://doi.org/10.1021/jf00039a015>
- 49) GÜLLÜCE, M., SAHIN, F., SOKMEN, M., OZER, H., DAFERERA, D., SOKMEN, A., POLISSIOU, M., Adiguzel, A., Ozkan, H. (2007): Antimicrobial and antioxidant properties of essential oils and methanolic extract from *Mentha longifolia* ssp. *longifolia*. *Food Chemistry*, 103,1449–1456.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.061>
- 50) GYÖRGY, É. (2020a): Élelmiszer-mikrobiológia laboratóriumi gyakorlatok. Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem Csíkszeredai Kar, Élelmiszertudományi Tanszék. Scientia Kiadó, Kolozsvár. ISBN-13: 978-606-975-038-4. 67. p.
- 51) GYÖRGY, É. (2020b): Élelmiszer-mikrobiológia laboratóriumi gyakorlatok. Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem Csíkszeredai Kar, Élelmiszertudományi Tanszék. Scientia Kiadó, Kolozsvár. ISBN-13: 978-606-975-038-4. 69. p.
- 52) HAJLAOUI, H., TRABELSI, N., NOUMI, E., SNOUSSI, M., FALLAH, H., KSOURI, R., BAKHROUF, A. (2009): Biological activities of the essential oils and methanol extract of two cultivated mint species (*Mentha longifolia* and *Mentha pulegium*) used in the Tunisian folkloric medicine. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25 2227–2238. p. <http://dx.doi.org/10.1007/s11274-009-0130-3>
- 53) HASSANZADEH, M.K., EMAMI, S.A., ASILI, J. (2011): Review of the essential oil composition of Iranian Lamiaceae. *Journal of Essential Oil Research*, 23 35-74. p.
<https://doi.org/10.1080/10412905.2011.9700429>

- 54) HAWRYŁ, M. A., NIEMIEC, M., SŁOMKA, K., WAKSMUNDZKA-HAJNOS, M., SZIMCZAK, G.(2016): Micro-2D-TLC Separation of phenolics in some species of mint and their fingerprints on diol bonded polar stationary phase. *Acta Chromatographica*, 28 119–127. p. <https://doi.org/10.1556/achrom.28.2016.1.9>
- 55) HEGEDŰS, A., STEFANOVITSNÉ BÁNYAI, É. (2012a): Természetes antioxidáns-forrásunk: a gyümölcs. Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Debrecen. ISBN 9786155183263. 47-102. p.
- 56) HEGEDŰS, A., STEFANOVITSNÉ BÁNYAI, É. (2012b): Természetes antioxidáns-forrásunk: a gyümölcs. Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Debrecen. ISBN 9786155183263. 127-155. p.
- 57) IQBAL, T., HUSSAIN, A.I., SHAHID CHATHA, S.A., NAQVI, S.A.R., HUSSAIN BOKHARI, T. (2013): Antioxidant activity and volatile and phenolic profiles of essential oil and different extracts of wild mint (*Mentha longifolia*) from the Pakistani flora. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2013, Article ID 536490. <https://doi.org/10.1155/2013/536490>
- 58) JAHAN, N., MALIK, A., MUHAMMAD, P. (2001) New flavonoid from *Mentha longifolia*. *Heterocycles*, 55 1951–1956. <https://doi.org/10.3987/COM-01-9281>
- 59) JUSTESEN, U., KNUTHSEN, P.(2001): Composition of flavonoids in fresh herbs and calculation of flavonoid intake by use of herbs in traditional Danish dishes. *Food Chemistry*, 73(2) 245-250. p. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00114-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00114-5)
- 60) KAPP, K (2015): Polyphenolic and essential oil composition of *Mentha* and their antimicrobial effect. PhD Dissertation, University of Helsinki, Helsinki. Available in full text at: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/158806/polyphen.pdf?sequence=1>
Elérés: 2022 04 28 14:49
- 61) KARASAWA, D., ERDENECHIMEG, A., OKAMOTO, Y., TATEBA, H., SHIMIZU, S. (1995): A study on Mongolian Mints. A new chemotype from *Mentha asiatica* Borriss and constituents of *M. arvensis* L. and *M. piperita* L., *Journal of Essential Oil Research*, 7 255-260. p. <https://doi.org/10.1080/10412905.1995.9698515>
- 62) KIZIL, O., TONÇER, S. (2006): Influence of different harvest times on the yield and oil composition of spearmint (*Mentha spicata* L. var. *spicata*) *Journal of Food, Agriculture and Environment* 4 (3&4) 135-137.p. DOI: N.A.

- 63) KOKKINI, S., PAPAGEORGIOU, V.P. (1988) Constituents of essential oils from *Mentha longifolia* growing wild in Greece. *Planta Medica*, 54 59-60. p.
<https://doi.org/10.1055/s-2006-962338>
- 64) KAROUSOU, R., LANARAS, T., KOKKINI, S. (1998): Piperitone oxide-rich essential oils from *Mentha longifolia* ssp. *petiolata* and *M. villosa-nervata* grown wild on the island of Crete (S. Greece). *Journal of Essential Oil Research*, 10 375–379. p.
<https://doi.org/10.1080/10412905.1998.9700926>
- 65) KIRÁLY, G.(2009): Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatósága, Jósvalő. ISBN: 978-963-87082-9-8. 357-358. p.
- 66) KOPPRASCH, S., LEONHARDT, W., PIETZSCH, J., KÜHNE, H. (1998): Hypochlorite-modified low-density lipoprotein stimulates human polymorphonuclear leukocytes for enhanced production of reactive oxygen metabolites, enzyme secretion, and adhesion to endothelial cells. *Atherosclerosis*, 136(2) 315-324. p.
[https://doi.org/10.1016/s0021-9150\(97\)00233-5](https://doi.org/10.1016/s0021-9150(97)00233-5)
- 67) KOŞAR, M., DAMIEN DORMAN, H.J., BAŞER, K.H.C., HILTUNEN, R. (2004): Screening of free radical scavenging compounds in water extracts of *Mentha* samples using a postcolumn derivatization method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 5004-5010. p. <https://doi.org/10.1021/jf0496189>
- 68) KRAUSE, S.T., PAN, L., CROCOLL, C., BOACHON, B., FÖRSTER, C., LEIDECKER, F., WIESE, N., ZHAO, D., WOOD, J. C., BUELL, C.R., GERSHENZON, J., DUDAREVA, N., DEGENHARDT, J.(2021): The biosynthesis of thymol, carvacrol and thymohydroquinone in Lamiaceae proceeds via P450s and a short-chain dehydrogenase. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA (PNAS)* 118 (52) **e2110092118** <https://doi.org/10.1073/pnas.2110092118>
- 69) KRZYŻANOWSKA, J., JANDA, B., PECIO, L., STOCHMAL, A., OŁESZEK, W (2011): Determination of polyphenols in *Mentha longifolia* and *M. piperita* field-grown and in vitro plant samples using UPLC-TQ-MS. *Journal of AOAC International* 94 (1) 43-50. p. <http://dx.doi.org/10.1093/jaoac/94.1.43>
- 70) KUN-NEMES, A. (2022): A meggy antioxidáns komponensei és az antocianinok szerepe a szervezet gyulladási folyamatainak prevenciójában. Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem. Elérhető:
<https://dea.lib.unideb.hu/dea/handle/2437/330599> Lekérdezés időpontja: 2022. május 6.

- 71) LAWRENCE, B.M. (2007a): The composition of commercially important mints. In: LAWRENCE, B.M. (Szerk.) Mint. The genus *Mentha* — Medicinal and aromatic plants — Industrial profiles. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 217-325. p. ISBN-13: 978-0849307799
- 72) LAWRENCE, B.M. (2007b): Oil composition of other *Mentha* species and hybrids. 330-334.p. In: LAWRENCE, B.M. (Szerk.) Mint. The genus *Mentha* — Medicinal and aromatic plants — Industrial profiles. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 327-347. p. ISBN-13: 978-0849307799
- 73) LLORENS-MOLINA, J.A., GARCIA-RELLÁN, D., VACAS, S., BONET, A (2015): Individual sampling approach to study the chemodiversity of volatile and semivolatile compounds of *Mentha longifolia* L. growing wild in Jiloca basin, Spain. *International Journal of Bioscience* 7 166–177. p. <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/7.4.166-176>
- 74) LLORENS-MOLINA, J.A., VACAS, S., CASTELL, V; VERDEGUER, M. (2020): Seasonal variations of essential oils from five accessions of *Mentha longifolia* (L.) L. with selected chemical profiles. *Journal of Essential Oil Research*, 32 (5) 419-428. p. <https://doi.org/10.1080/10412905.2020.1773328>
- 75) MAFFEI, M., BERTEA, C.M., MUCCIARELLI, M. (2007): Anatomy, physiology, biosynthesis, molecular biology, tissue culture, and biotechnology of mint essential oil production In: LAWRENCE, B.M. (Szerk.) Mint. The genus *Mentha* — Medicinal and aromatic plants — Industrial profiles. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 41-87. pp. ISBN-13: 978-0849307799 2007
- 76) MADSEN H.L., BERTELSEN, G (1995). Spices as antioxidants. *Trends in Food Science and Technology*, 6 271-277. p. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)89112-8](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)89112-8)
- 77) MAHMOUDI, R., TAJIK, H., EHSANI, A., FARSHID, A., ZARE, P., HADIAN, M. (2012): Effects of *Mentha longifolia* L. essential oil on viability and cellular ultrastructure of *Lactobacillus casei* during ripening of probiotic Feta cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 66 77–82. p. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1471-0307.2012.00867.x>
- 78) MIMICA-DUKIĆ, N., KITE, G., GAŠIĆ, O., STAJNER, D., PAVKOV, R., JANČIĆ, R., FELLOWS, L. (1993): Comparative study of volatile constituents and antimicrobial activity of *Mentha* species. *Acta Horticulturae*, 344 110–115. p. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1993.344.12>

- 79) MIMICA-DUKIĆ, N., JAKOVLJEVIĆ, V, POPOVIĆ, M, GAŠIĆ, O., SZABO, A. (1996): Pharmacological study of *Mentha longifolia* phenolic extracts. *International Journal of Pharmacognosy*, 34 359-364. p.
<https://doi.org/10.1076/phbi.34.5.359.13253>
- 80) MIMICA-DUKIĆ, N., JAKOVLJEVIĆ, V, POPOVIĆ, M, GAŠIĆ, O., SZABO, A. (1999): Pharmacological study of *Mentha longifolia* phenolic extracts II. Hepatoprotective activity. *Pharmaceutical Biology*, 37 221-224. p.
<https://doi.org/10.1076/phbi.37.3.221.6306>
- 81) MIMICA-DUKIĆ, N, BOZIN, B (2008): *Mentha* L species (Lamiaceae) as promising sources of bioactive secondary metabolites. *Current Pharmaceutical Design*, 14 3141–3150. p. <https://doi.org/10.2174/138161208786404245>
- 82) MOSHREFI-ARAGHI, A., NEMATI, H., AZIZI, M., MOSHTAGHI, N., SHOORA, M., HADIAN, J. (2019): Assessment of phytochemical and agro-morphological variability among different wild accessions of *Mentha longifolia* L. cultivated in field conditions. *Industrial Crops and Products*, 140 **111698**
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111698>
- 83) MOSHREFI-ARAGHI, A., NEMATI, H., AZIZI, M., MOSHTAGHI, N., SHOOR, M. (2021): Association of genetic structure and diversity in Iranian wild germplasms of *Mentha longifolia* L. based on phenotypical, biochemical, and molecular markers. *Chemistry and biodiversity*, 18(4) **e2001044**. <https://doi.org/10.1002/cbdv.2020>
- 84) MOTAMED, S.M., NAGHIBI, F. (2010): Antioxidant activity of some edible plants of the Turkmen Sahra region in northern Iran. *Food Chemistry*, 119 1637–1642. p.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.057>
- 85) MURAD, H.A.S., ABDALLAH, H.M., Ali, S. S. (2016): *Mentha longifolia* protects against acetic acid induced colitis in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 190 354–361. p. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.06.016>
- 86) NEMES, A., STEFANOVITSNÉ BÁNYAI, É., REMENYIK, J. (2015): Új mérési eljárás fejlesztése a növényi antioxidáns státusz meghatározására *Agrártudományi Közlemények*, 63 105-112. p. DOI: NA.
- 87) NÈGRE-SALVAYRE, A. N., AFFANY, A., HARITON, C., SALVAYRE, R. (1991): Additional antilipoperoxidant activities of alpha-tocopherol and ascorbic acid on membrane-like systems are potentiated by rutin. *Pharmacology*, 42(5) 262–272. p.
<https://doi.org/10.1159/000138807>

- 88) NÉMETH-ZÁMBORINÉ, É. (2016a): Natural variability of essential oil components. 95. p. In BAŞER, K.H.C., BUCHBAUER, G. (Szerk.) Handbook of essential oils, 2nd edn. CRC Press - Taylor and Francis Group LLC, USA, 2016, 87-128. p
<https://doi.org/10.1201/b19393>
- 89) NÉMETH-ZÁMBORINÉ, É. (2016b): Natural variability of essential oil components. 87. p. In BAŞER, K.H.C., BUCHBAUER, G (Szerk.) Handbook of essential oils, 2nd edn. CRC Press - Taylor and Francis Group LLC, USA, 2016, 87-128. p
<https://doi.org/10.1201/b19393>
- 90) NÉMETH-ZÁMBORINÉ, É. (2016c): Natural variability of essential oil components. 102-110. p. In BAŞER, K.H.C., BUCHBAUER, G (Szerk.) Handbook of essential oils, 2nd edn. CRC Press - Taylor and Francis Group LLC, USA, 2016, 87-128. p
<https://doi.org/10.1201/b19393>
- 91) NÉMETH, É., TARJÁN, G., BERNÁTH, J. (1993): Essential oil composition of *Achillea crithmifolia* W. et K. I. Identification of chemovarieties grown in wild populations *Journal of Essential Oil Research*, 5 349-357
<https://doi.org/10.1080/10412905.1993.9698242>
- 92) NÉMETH-ZÁMBORINÉ, É., RAJHÁRT, P., SEIDLER-ŁOŻYKOWSKA, K., PLUHÁR, Z., SZABÓ, K (2019): Intraspecific responses of medicinal plants: genotype-environment interaction may alter drug quality of aromatic plants. *Biochemical Systematics and Ecology*, 86. **103914**
<https://doi.org/10.1016/j.bse.2019.103914>
- 93) NIETO, G. (2020): A review on applications and uses of *Thymus* in the food industry. *Plants*, 9 961-990. p. <https://doi.org/10.3390/plants9080961>
- 94) OESTERLE, O. A. és WANDER, G. (1925): Über das „Hesperidin” einiger Pflanzen. *Helvetica Chimica Acta*, 8 519-536. DOI: NA
- 95) ORAV, A., KAPP, K., RAAL, A. (2013): Chemosystematic markers for the essential oils in leaves of *Mentha* species cultivated or growing naturally in Estonia. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 62 175–186. p.
<https://doi.org/10.3176/proc.2013.3.03>
- 96) ORHAN, F., BARIS, Ö., YANMIS D., BAL, T., GÜVENALP, Z., GÜLLÜCE, M. (2012): Isolation of some luteolin derivatives from *Mentha longifolia* ssp. *longifolia* and determination of their genotoxic activities. *Food Chemistry*, 135 764-769. p.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.061>

- 97) OUMZIL, H., GHOULAMI, S., RHAJAOU, M., IL-IDRISSI, A., FKIH-TETOUANI, S., FAID, M., BENJOUAD, (2002): Antibacterial and antifungal activity of essential oils of *Mentha suaveolens*. *Phytoterapy Research*, 16 727–731. p. <https://doi.org/10.1002/ptr.1045>
- 98) PAPP, N. HORVÁTH, D. (2016): „Ezt nagyon tartották Édesanyámék, Nagyanyámék” – Homoródkarácsonyfalva hagyományai és népi orvoslása. *Homoródkarácsonyfalvi füzetek III*. Homoródkarácsonfalvai Közbirtokosság, Homoródkarácsonyfalva (Románia). ISBN-13: 978-606-8599-31-1. 50. p.
- 99) PARK, Y.J., BAEK, S.A., CHOI, Y., KIM, J.K., PARK, S.U. (2019): Metabolic profiling of nine *Mentha* species and prediction of their antioxidant properties using chemometrics. *Molecules*, 24 258–273. <https://doi.org/10.3390/molecules24020258>
- 100) PATONAY, K., KORÓZS, M., MURÁNYI, Z., PÉNZESNÉ KÓNYA, E.(2017): Polyphenols in northern Hungarian *Mentha longifolia* (L.) L. treated with ultrasonic extraction for potential oenological uses. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41, 208–217. <https://doi.org/10.3906/tar-1701-61>
- 101) PATONAY, K., SZALONTAI, H., CSUGÁNY, J., SZABÓ-HUDÁK, O., PÉNZESNÉ KÓNYA, E., ZÁMBORINÉ NÉMETH, É. (2019): Comparison of extraction methods for the assessment of total polyphenol content and in vitro antioxidant capacity of horsemint (*Mentha longifolia* (L.) L.). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2019, 15. **100220**. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2019.100220>
- 102) PATONAY, K., NÉMETH-ZÁMBORINÉ, É. (2021). Horsemint as a potential raw material for the food industry: survey on the chemistry of a less studied mint species. *Phytochemistry Reviews*, 20 631–652. p. <https://doi.org/10.1007/s11101-020-09718-0>
- 103) PEREIRA, O.R., CARDOSO, S.M. (2013): Overview of *Mentha* and *Thymus* polyphenols. *Current Analytical Chemistry*, 9 382–396. p. <http://dx.doi.org/10.2174/1573411011309030008>
- 104) PETERSEN, M., SIMMONDS, M.S.J. (2003): Molecules of interest—rosmarinic acid. *Phytochemistry*, 62 121–125. p. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(02\)00513-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(02)00513-7)
- 105) PETRULAITIS, L., GUDŽINSKAS, Z. (2018): What are we conserving? A case study of *Mentha longifolia* and allied species from Lithuania. *Botanica*, 24, 3–14. p. <https://doi.org/10.2478/botlit-2018-0001>

- 106) PRASZNA, L. (2013) *Mentha* spp.- Mentafajok. In: BERNÁTH, J. (Szerk.): Vadon termő és termesztett gyógynövények. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 359-364. p. ISBN-13: 978-963-286-674-1
- 107) RICE-EVANS C.A., MILLER, N.J., PAGANGA G (1996): Structure-activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*, 20 933–956. p. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(95\)02227-9](https://doi.org/10.1016/0891-5849(95)02227-9)
- 108) SALEHI B., STOJANOVIĆ-RADIĆ Z., MATEJÍČ J., SHAROPOV F., ANTOLAK H., KRĘGIEL, D., SEN, S., SHARIFI-RAD, M., ACHARYA, K., SHARIFI-RAD, R., MARTORELL, M., SUREDA, A., MARTINS, N., SHARIFI-RAD, J. (2018): Plants of genus *Mentha*: From farm to food factory. *Plants*, 7 70-106. p. <https://doi.org/10.3390/plants7030070>
- 109) SHAHIDI, F., AMBIGAIPALAN P. (2015): Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: antioxidant activity and health effects—a review. *Journal of Functional Foods*, 18 B 820–897. p. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>
- 110) SHARAF, M., EL-ANSARI, M., SALEH, N.A.M. (1999): Flavonoid glycosides from *Mentha longifolia*. *Fitoterapia*, 70:478–483. [https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(99\)00062-3](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(99)00062-3)
- 111) SHAROPOV, F.S., SULAIMANOVA, V.A., SETZER, W.N. (2012): Essential oil composition of *Mentha longifolia* from wild populations growing in Tajikistan. *Journal of Medicinally Active Plants*, 1 76–84. <https://doi.org/10.7275/R5736NTN>
- 112) SHEKARCHI, M., HAJIMEHDIPOOR, H., SAEIDNIA, S., GOHARI, R.A. (2012): Comparative study of rosmarinic acid content in some plants of *Labiatae* family. *Pharmacognosy Magazine*, 8 37–41. p. <https://dx.doi.org/10.4103/0973-1296.93316>
- 113) SHEN, D., PAN, H.M., WU, Q.L., PARK, C.H., RODOLFO JULIANI, H., HO, C.T., SIMON, J.E. (2011): A rapid LC/MS/MS method for the analysis of nonvolatile antiinflammatory agents from *Mentha* spp. *Journal of Food Science 76 C: Chemistry*, C:900-908.p. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02281.x>
- 114) SHEN, N., WANG, T., GAN, Q., LIU, S., WANG, L., JIN, B. (2022): Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 383 132531. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132531>
- 115) SIMON, T. (1994): A magyarországi edényes flóra határozója: Harasztok – virágos növények. Nemzeti Tankönyvkiadó Rt, Budapest. ISBN: 963-186-093-0

- 116) SOÓ, R. (1968): A magyar flóra és vegetáció rendszertani-növényföldrajzi kézikönyve III. Akadémiai Kiadó, Budapest. p. 130-132.
- 117) STANISLAVLJEVIĆ, D.M., STOJČEVIĆ S.S., ĐORĐEVIĆ, S.M., ZLATKOVIĆ, B.P., VELIČKOVIĆ, D.T., KARABEGOVIĆ, I.T. (2012): Antioxidant activity, the content of total phenols and flavonoids in the ethanol extracts of *Mentha longifolia* L. dried by the use of different techniques. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 18 (3) 411–420. p
<https://doi.org/10.2298/CICEQ110919017S>
- 118) STEIN, S.; MIROKHIN, Y.; TCHEKHOVSKOI, D.; MAILLARD, G.; MIKAIA, A.; NETA, P.; SPARKMAN, D.; WHITE, E.; YANG, X.; ZAIKIN, V.; et al. Agilent Technologies NIST Mass Spectral Library Revision 2005. (The NIST Mass Spectrometry Data Center (2011) Standard Reference Database NIST 2.0). The NIST Mass spectral search program for the library was distributed by the The Standard Reference Data Program of The National Institute of Standards and Technology of the United States. 19 May 2011. The NIST Mass Spectrometry Data Center (2011) Standard Reference Database NIST 2.0
- 119) STOCKER, M., POHL, R. (1976): Postmortale bildung von 5,7-dihydroxychromon-7-rutinosid in *Mentha longifolia*. *Phytochemistry* 15:571–572.
[https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)88984-0](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)88984-0)
- 120) STOEVA, T., ILIEV, L. (1997): Influence of some phenylurea cytokinins on spearmint essential oil composition. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 23 (3–4), 66-71. p. DOI: N. A. PMID: N. A.
- 121) SZENDREI, K., CSUPOR, D. (2012a): Gyógynövénytár. Medicina, Budapest. ISBN: 9789632263786 242. p.
- 122) SZENDREI, K., CSUPOR, D. (2012b): Gyógynövénytár. Medicina, Budapest. ISBN: 9789632263786 100. p.
- 123) SZENDREI, K., CSUPOR, D. (2012c): Gyógynövénytár. Medicina, Budapest. ISBN: 9789632263786 338. p.
- 124) SZENDREI, K., CSUPOR, D. (2012d): Gyógynövénytár. Medicina, Budapest. ISBN: 9789632263786 206. p.
- 125) SZENDREI, K., CSUPOR, D. (2012e): Gyógynövénytár. Medicina, Budapest. ISBN: 9789632263786 269-271. p.

- 126) TAHIRA, R., NAEEMULLAH, M., AKBAR, F., MASOOD, M. S. (2011): Major phenolic acids of local and exotic mint germplasm grown in Islamabad. *Pakistan Journal of Botany*, 43 151-154. p. DOI: N. A. PMID: N. A.
- 127) THE EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL (2008). Regulation (EC) No 1334/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on flavourings and certain food ingredients with flavouring properties for use in and on foods and amending Council Regulation (EEC) No 1601/91, Regulations (EC) No 2232/96 and (EC) No 110/2008 and Directive 2000/13/EC. *Official Journal of the European Union L*, 354 34–50. p.
- 128) THE EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL (2009). Directive 2009/32/EC of the European Parliament and Council of 23 April 2009 on the approximation of the laws of the Member States on extraction solvents used in the production of foodstuffs and food ingredients. *Official Journal of the European Union L*, 141 3–7. p.
- 129) THE EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL (2010a) Directive 2010/59/EC of the European Parliament and Council of 26 August 2010 amending Directive 2009/32/EC of the European Parliament and of the Council on the approximation of the laws of the Member States on extraction solvents used in the production of foodstuffs and food *Official Journal of the European Union L*, 225 10-12. p.
- 130) THE EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL (2010b): Commission directive 2010/69/EU of 22 October 2010 amending the Annexes to European Parliament and Council Directive 95/2/EC on food additives other than colours and sweeteners. *Official Journal of European Union L* 279, 12-29. p.
- 131) TOLOSSA, K., ASRES, K., EL-FIKY F.K., SINGAB, A.N.B., BUCAR, F. (2007): Composition of the essential oils of *Satureja abyssinica* ssp. *abyssinica* and *Satureja paradoxa*: their antimicrobial and radical scavenging activities. *Journal of Essential Oil Research*, 19 295–300. p.
<https://doi.org/10.1080/10412905.2007.9699285>
- 132) TOMÁS-BARBERÁN, F.A., HUSAIN, S.Z., GIL, M.I. (1988): The distribution of methylated flavonoids in the Lamiaceae. *Biochemical Systematics and Ecology*, 16 43–46. p. [https://doi.org/10.1016/0305-1978\(88\)90115-9](https://doi.org/10.1016/0305-1978(88)90115-9)
- 133) TUCKER A.O., NACZI, R.F.C. (2007): *Mentha*: an overview of its classification and relationships. In: LAWRENCE, B.M. (Szerk.) *Mint*. The genus

- Mentha* — Medicinal and aromatic plants — Industrial profiles. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 21-26. p. ISBN-13: 978-0849307799
- 134) TUNÇTÜRK, M., TUNÇTÜRK, R., ŞEKEROĞLU, ERTUS, M.M., ÖZGÖKÇE, F. (2011): Lead concentrations of herbs used in Van Herby cheese. *Natural Product Communications*, 6 1473–1474. p.
<https://doi.org/10.1177/1934578X1100601016>
- 135) ULUBELEN, A., TOPCU, U., KOLAK, U (2005): *Labiatae* flavonoids and their bioactivity. *Studies in Natural Products Chemistry*, 30 233–302. p.
[https://doi.org/10.1016/S1572-5995\(05\)80035-3](https://doi.org/10.1016/S1572-5995(05)80035-3)
- 136) VAN DEN DOOL, H., KRATZ, P. DEC. (1963): A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography A*, 11 463-471. DOI: N.A.
- 137) VARGA, L. ENGEL, R., SZABÓ, K., ABRANKÓ, L., GOSZTOLA, B., NÉMETH, É., SÁROSI, Sz. (2016): Seasonal variation in phenolic content and antioxidant activity of *Glechoma hederacea* L. harvested from six Hungarian Populations. *Acta Alimentaria*, 45 268-276. p.
<https://doi.org/10.1556/066.2016.45.2.14>
- 138) VENSKUTONIS, P.R. (1996): A chemotype of *Mentha longifolia* L. from Lithuania rich in piperitenone oxide. *Journal of Essential Oil Research*, 1996, 8,91–95. <https://doi.org/10.1080/10412905.1996.9700564>
- 139) VIJI, B., BINSI, P.K., VISNUVINAYAGAM, S., BINDU, J., RAVISHANKAR, C.N., GOPAL, T. K. S. (2015): Efficacy of mint (*Mentha arvensis*) leaf and citrus (*Citrus aurantium*) peel extracts as natural preservatives for shelf life extension of chill stored Indian mackerel. *Journal of Food Science and Technology*, 52 6278–6289. p. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1788-1>
- 140) VILJOEN, M., PETKAR, S., VAN VUUREN, S.F., FIGUEIREDO, A.C., PEDRO, L.G., BARROSO, J.G. (2006): The chemo-geographical variation in EO composition and the antimicrobial properties of “Wild Mint”—*Mentha longifolia* subsp. *polyadena*. *Journal of Essential Oil Research*, 18 60–65. p.
<https://doi.org/10.1080/10412905.2006.12067123>
- 141) VINING, K.J., ZHANG, Q., TUCKER, A.O., SMITH, C., DAVIS, T.M. (2005): *Mentha longifolia* (L.) L.: A model species for mint genetic research *HortScience*, 40 1225–1229. p. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.5.1225>

- 142) VLADIMIR-KNEŽEVIĆ, S., BLAŽEKOVIĆ, B., KINDL, M., VLADIĆ, J., LOWER-NEDZA, A. D., BRANTNER, A. H (2014): Acetylcholinesterase inhibitory, antioxidant and phytochemical properties of selected medicinal plants of the *Lamiaceae* family. *Molecules*, 19 767–782. p
<https://doi.org/10.3390/molecules19010767>
- 143) WEN, L., WU, D., JIANG, Y., NAGENDRA, P.K., LIN, S., JIANG, G., ZHAO, M., LUO, W., YANG, B. (2014): Identification of flavonoids of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) leaf and evaluation of anticancer activities. *Journal of Functional Foods*, 6 555–563. p. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.11.022>
- 144) WATERHOUSE, A.L., (2003). Determination of total phenolics. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, II.1.1–II.1.8
<https://doi.org/10.1002/0471142913.fai0101s06>
- 145) YOUNIS, M.H.Y., BESHIR, S.M. (2011) Carvone-rich essential oils from *Mentha longifolia* (L.) Huds. ssp. *schimperi* Briq. and *Mentha spicata* L. grown in Sudan. *Journal of Essential Oil Research*, 16 539–541. p.
<https://doi.org/10.1080/10412905.2004.9698792>
- 146) ZÁMBORINÉ NÉMETH, É., THI NGUYEN, H. (2020): Thujone, a widely debated volatile compound: What do we know about it? *Phytochemistry Reviews* 19 405–423. p. <https://doi.org/10.1007/s11101-020-09671-y>
- 147) ZEINALI, H., ARZANI, A., RAZMJOO, K., REZAEI, M.B. (2005): Evaluation of oil compositions of Iranian mints (*Mentha* spp.). *Journal of Essential Oil Research*, 17 156-159. p. <https://doi.org/10.1080/10412905.2005.9698863>

M1.2. A dolgozatban felhasznált internetes hivatkozások

- 1) Internetes hiv.-1. <http://theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-124916>
 Keresőprogram: MS Edge/Bing. Lekérdezés időpontja: 2022 05 21 10:30
- 2) Internetes hiv.-2. <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000240918>
 Keresőprogram: MS Edge/Bing. Lekérdezés időpontja: 2022 05 21 10:30
- 3) Internetes hiv.-3. https://wmsp.science.kew.org/namedetail.do?name_id=124916
 Keresőprogram: MS Edge/Bing. Lekérdezés időpontja: 2022 05 21 10:30
- 4) Internetes hiv.-4. <http://legacy.tropicos.org/Name/17604068?projectid=32>
 Keresőprogram: Google. Lekérdezés időpontja: 2022 05 21 10:46
- 5) Internetes hiv.-5. [New York Botanical Garden \(worldfloraonline.org\)](http://www.worldfloraonline.org)
 Keresőprogram: Google. Lekérdezés időpontja: 2022 05 21 10:47

6) Internetes hiv.-6

<https://gyogytea.hu/gyogyteak/egyedi-teak/furtos-menta/>

Keresőprogram: Google. Lekérdezés időpontja: 2022 04 25 4:30

7) Internetes hiv.-7

https://www.megyerisabolcskerteszete.hu/mentha_longifolia_lomenta

Keresőprogram: Google. Lekérdezés időpontja: 2022 04 25 4:30

8) Internetes hiv.-8/OMSZ/Éghajlati visszatekintő, 2019

https://www.met.hu/omsz/OMSZ_hirek/index.php?id=2631&hir=Eghajlati_visszatekinto_%E2%80%93_2019_tavaszanak_idojarasa

Keresőprogram: Google. Lekérdezés időpontja: 2022 03 02 11:23

9) Internetes hiv.-9/Varga, 2019 <https://www.idokep.hu/hirek/eltulozta-az-aranyat-erosot-a-majus>

Keresőprogram: Google. Lekérdezés időpontja 2022 03 02 11:23

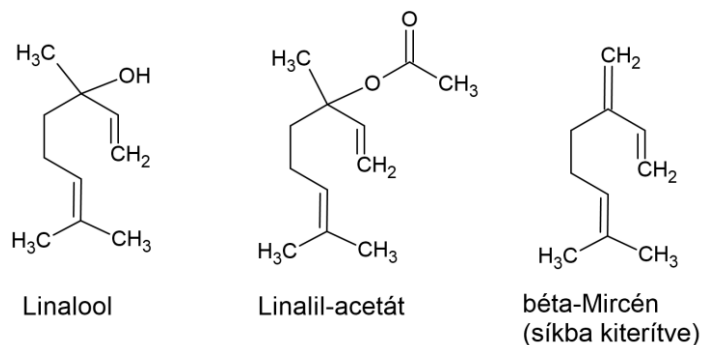
10) Internetes hiv.-10/OMSZ/Éghajlati visszatekintő, 2020

https://www.met.hu/omsz/OMSZ_hirek/index.php?id=2867&hir=Eghajlati_visszatekinto_%E2%80%93_2020_tavaszanak_idojarasa

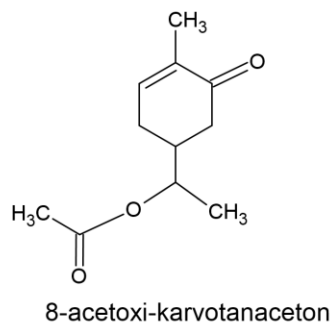
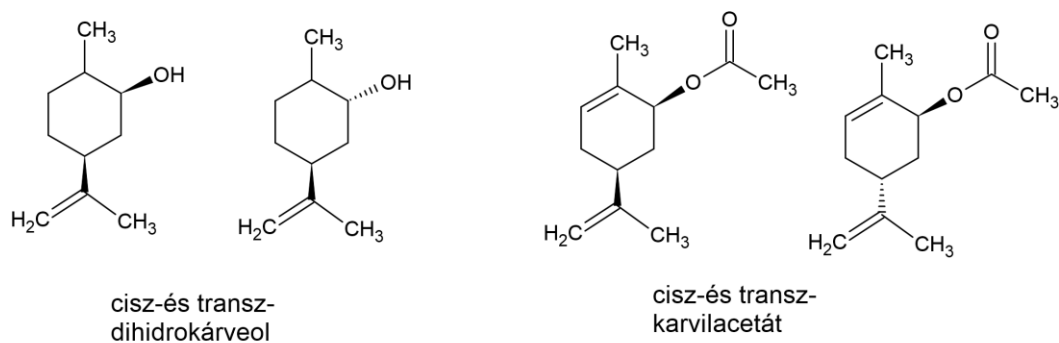
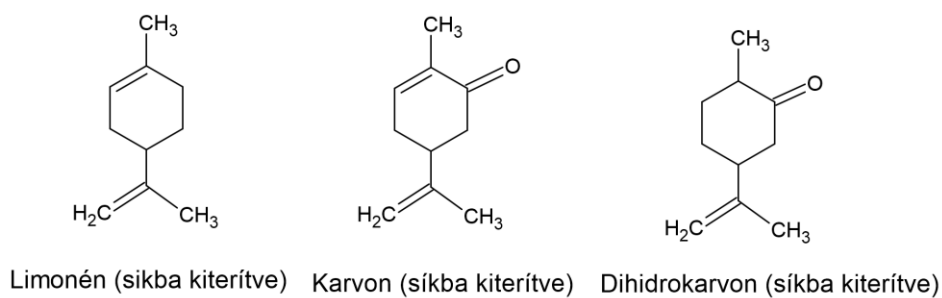
Keresőprogram: Google. Lekérdezés időpontja 2022 03 02 11:23

M2 MELLÉKLET A lómenta illóolajának fő összetevői

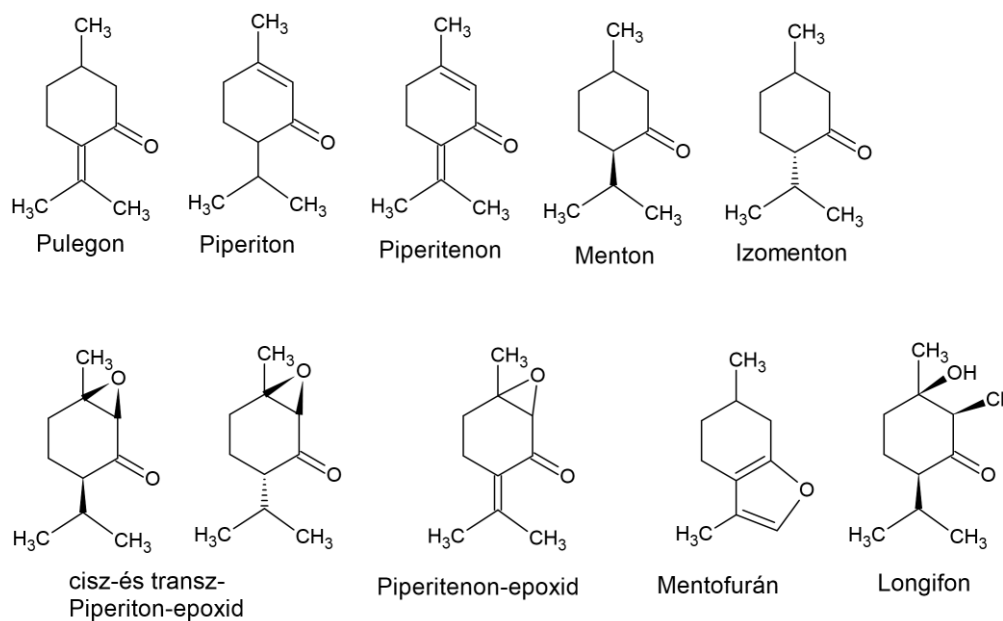
A melléklet a 3.4. fejezetben lévő csoportosítást követi, a lómenta illóolaj-összetevői képleteinek gyűjteménye. Rajzok: Patonay K.



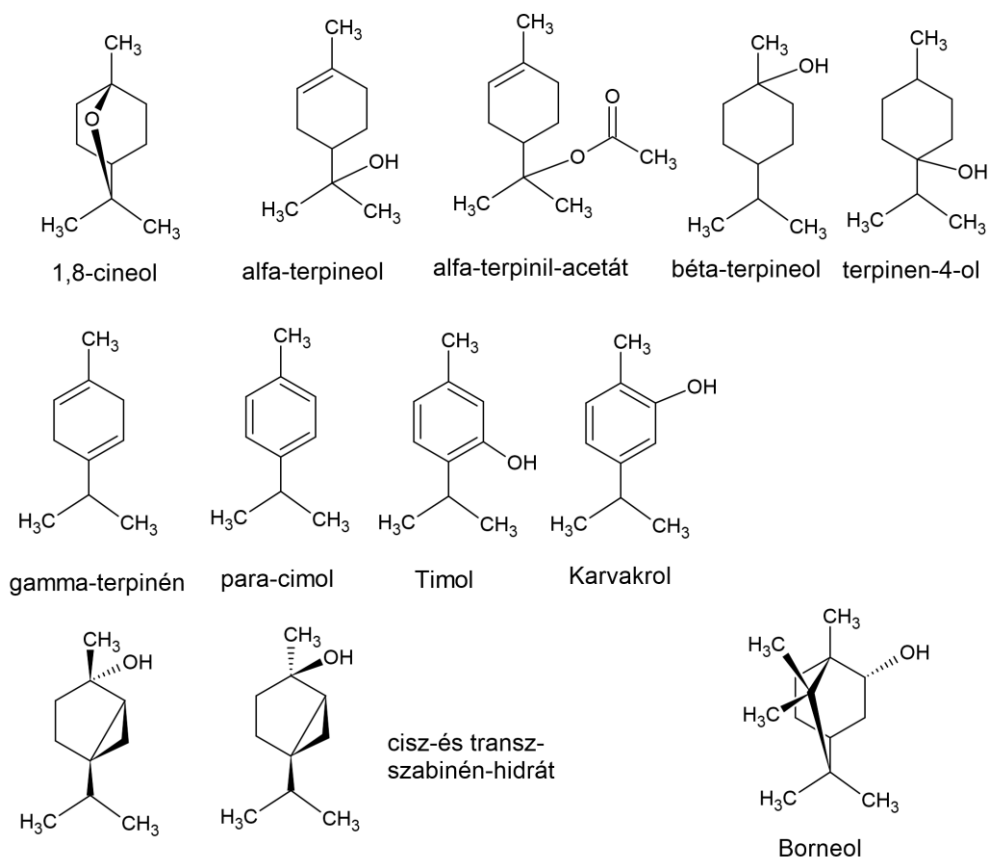
M2/1. ábra Nyílt láncú monoterpének, amelyeket a növény illóolajában főösszetevőként mutattak ki



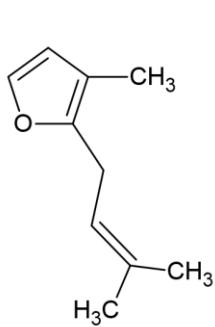
M2/2. ábra Limonén és 2-oxo-származékai, amelyeket a lómenta illóolajában főösszetevőként mutattak ki



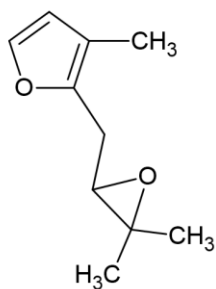
M2/3. ábra A növény illóolajának főösszetevőjeként kimutatott limonén-3-oxo-származékok, illetve az először e fajból leírt limonén-3-oxo-ke-ton, a longifon



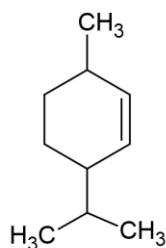
M2/4. ábra. A növény illóolajában egyes esetekben főösszetevőként jelentkező ciklikus monoterpének, amik α -terpinil-kationból eredő, de a limonén-oxo anyagcsereúttól különböző utak termékei 1,8-cineol; alfa-terpineol és észterei, más terpineol-izomerek; cimilvegyületek; tujánvázások; borneol.



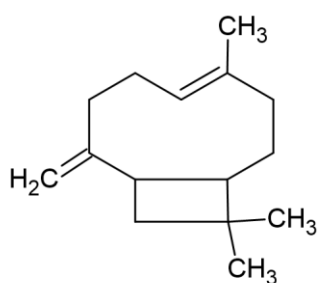
Rózsafurán és rózsafurán-oxid



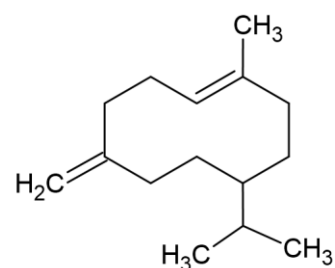
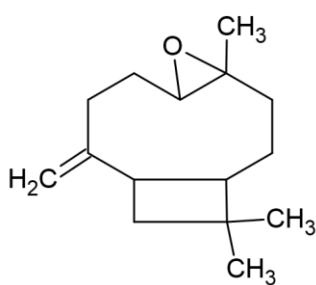
p-ment-2-en-9-ol



M2/5. ábra Lómenta illóolajában egy-egy esetben kimutatott, egyéb ciklikus monoterpén főösszetevők



béta-Kariofillén (síkba kiterítve) Kariofillén-oxid



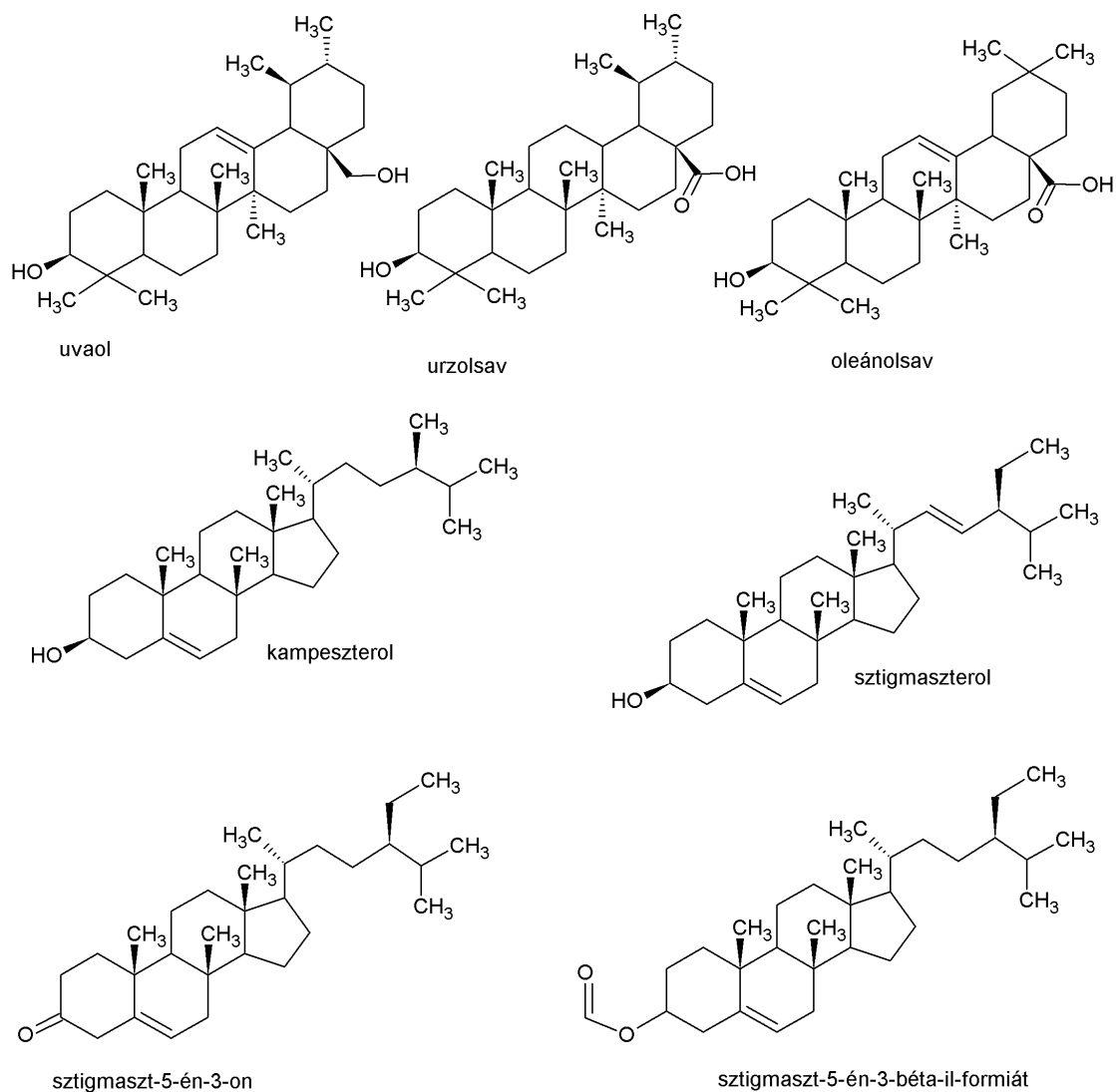
Germakrén D

M2/6. ábra A lómenta illóolajában leggyakrabban kimutatott szeszkviterpének.

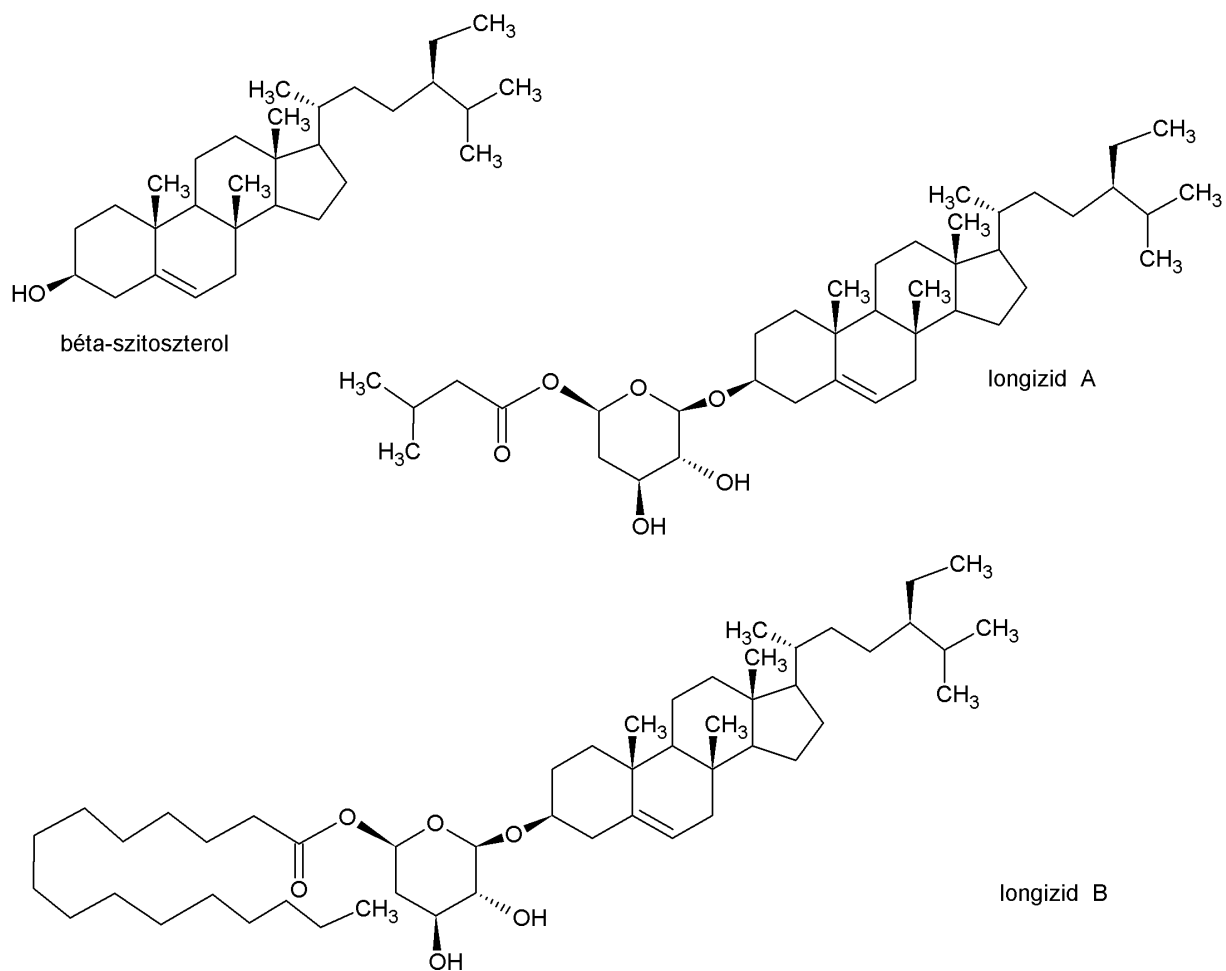
M3 MELLÉKLET A lómenta triterpenoid és egyéb összetevői

A melléklet a 3.5-3.6. fejezetben röviden ismertetett triterpenoidok és – a növényből *de novo* leírt – egyes zsírsavamidok képleteinek gyűjteménye.

M3.1 A lómentából kimutatott triterpenoidok

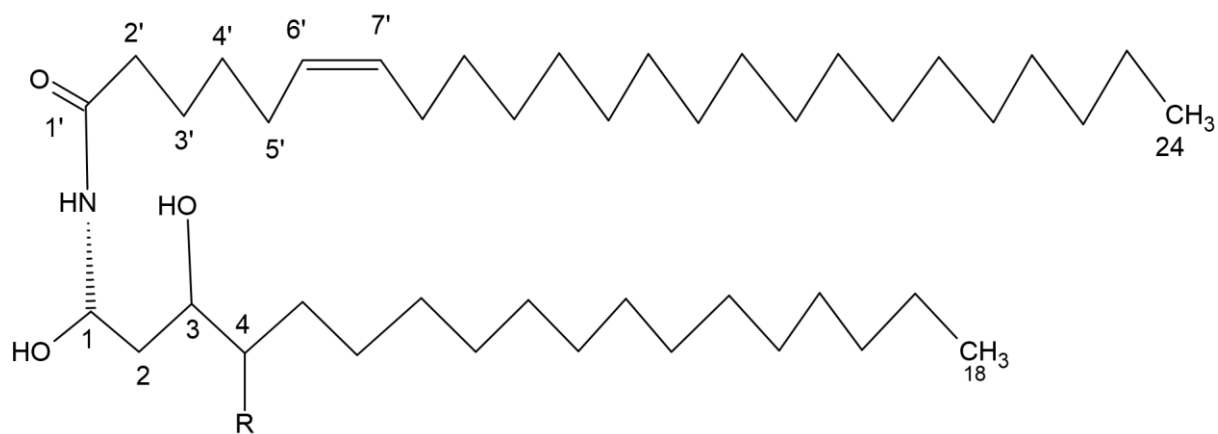


M3/1. ábra A lómentából korábban kimutatott pentaciklusos triterpenoidok (urzolsav, oleánolsav, uvaol) és egyes fitoszterolok.



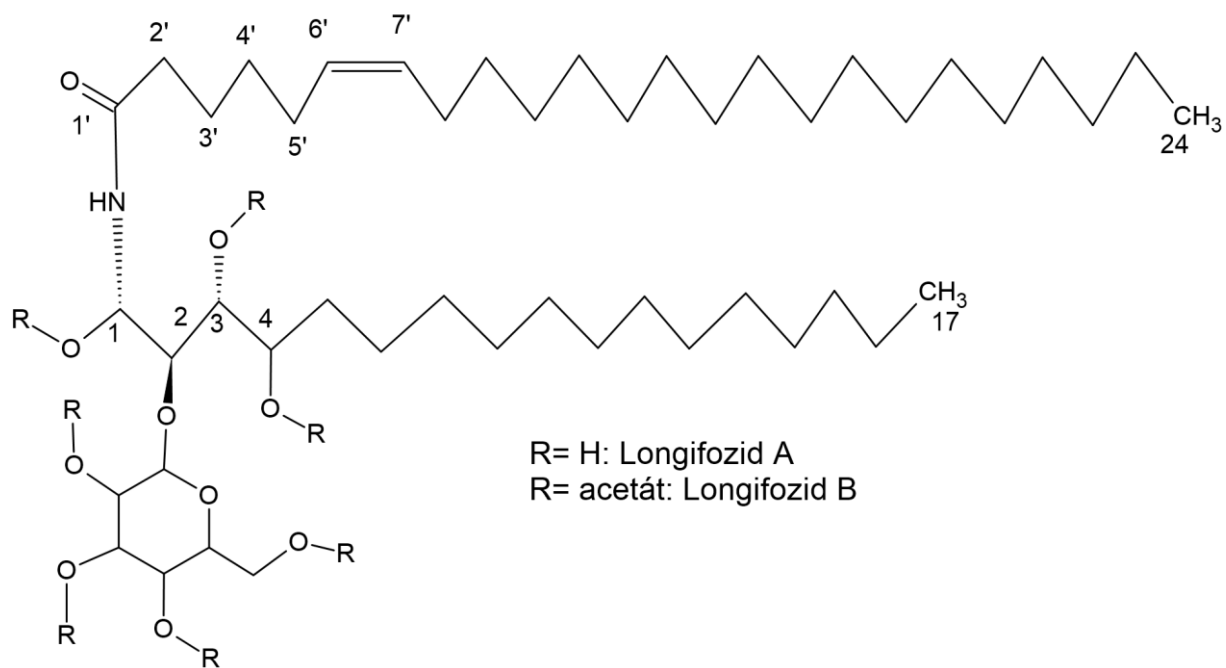
M3/2. ábra béta-Szitoszterol és a lómentából leírt, korábban ismeretlen acilglikozidjai, a longizid A és B

M3.2 A lómentából kimutatott egyéb összetevők (egyres lipidek)



R= H: Longifoamid A
 R= OH: Longifoamid B

M3/3. ábra Longifoamid A és B: két zsírsav láncot (C24 és C18) hordozó amidok a lómentából.



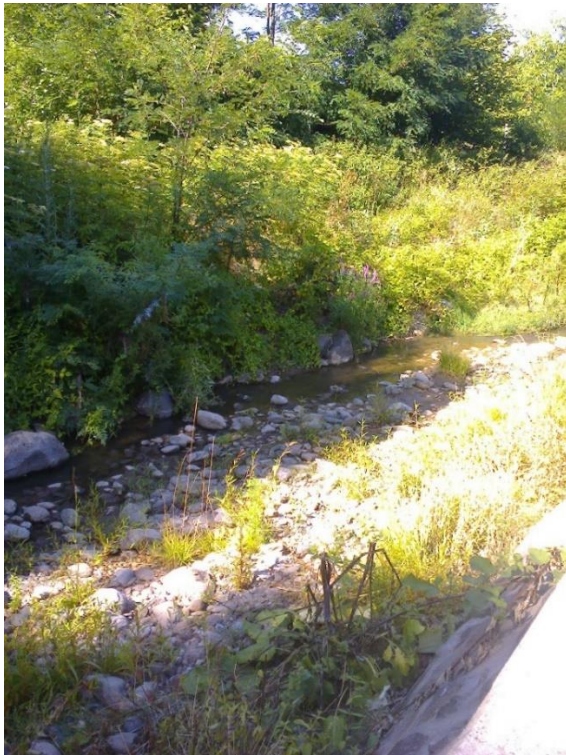
M3./4. ábra. Longifozid A és B: szőlőcukorral glikozilált zsírsavamid és ennek acetátszármazéka, a longifoamidok rokonvegyületei.

M4 MELLÉKLET Egyes vadontermő lómenta populációk élőhelye

4.3. fejezethez (Kísérleti ültetvények és gondozásuk),

5.1. fejezethez (Összpolifenoltartalom és AO tulajdonságok a vizsgált természetes populációkban)

a-c) Egyes, AO adataik miatt bővebben tárgyalt állományok és élőhelyük képe, illetve leírása a 2016-i gyűjtésből. Kurzívval kiemelve azok, amik a termesztési kísérletbe is bekerültek.



a)



b)

- a) HAS menta élőhelye, társnövényei a Kövicses-p. falusi szakaszán, Pásztó-Hasznos (Nyugati-Mátra)
- b) MBA2 menta és környezete: náddal, sásfajokkal kevert gyomtársulás falusi utca üres, nem gondozott telkén, Mátraballa (Keleti-Mátra)
- c) **HOR2** menta környezete, Kis-rét, Hór-p. völgye, Bükki N.P. **HOR2**-ről és környezetéről nem készült fotó. Dr. Vojtkó András főisk. tanár (EKKE Növénytani és Növényélettani Tanszék) szíveségéből az alábbi leírást kaptuk a területről. A leírást változtatás nélkül került a mellékletbe.

Hór-völgy Kis-rét rövid jellemzéseA korábban gazdag, értékes fajkészletű rét napjainkban inkább jellegtelen mezofil kaszálórét.

A Hór-patak elárasztástól mentes zónájában található erdei tisztás. Tápanyagokban és humuszban gazdag, középszáraz, enyhén savanyú - közepesen bázikus, barna erdőtalaj jellemzi. Magas növésű, virágos mezofil rét, ahol a domináns pázsitfűvek és más lágyszárúak színtettségét a jellemző: felső szintben a magas növekedésű és gyéren sarjadzó, majd a közepes növekedésű és jól sarjadzó, végül pedig az alacsony növekedésű de jól sarjadzó fajok alkotnak jellegzetes struktúrákat, tavasszal fűzöld, nyáron sárgászöld-aranyzöld, különböző kiterjedésű tájképi foltokat.

Az állománykép domináns meghatározója az *Arrhenatherum elatius*, melyet más kodomináns fajok egészítenek ki: *Dactylis glomerata*, *Alopecurus pratense*, *Poa pratensis*, *Festuca pratensis*, *Holcus lanatus*.

A pázsitfűveken kívül, a *Ranunculaceae*, *Fabaceae*, *Apiaceae* és *Asteraceae* családok képviselik magukat.

Jellemző fajai közül kiemelhető a: *Campanula patula*, *Crepis biennis*, *Pastinaca sativa*, *Daucus carota*, *Heracleum sphondylium*, *Colchicum autumnale*, *Urtica dioica*, *Tragopogon orientalis*, *Centaurea jacea*, *Moenchia mantica*, *Knautia arvensis*, *Trifolium pratense*, *T. repens*, *Lathyrus pratensis*, *Ranunculus acris*, *Galium mollugo*, *Salvia pratensis*, *Chrysanthemum leucanthemum* (*Leucanthemum vulgare*), *Lychnis flos-cuculi*, *Senecio jacobea*, *Carex hirta*, *Cruciata laevipes*, *Trifolium montanum*, *Achillea millefolium*, *Galium verum*, *Vicia cracca*, *Lotus corniculatus*,

Vegetációs és táji környezet: az állomány magaskórósokkal, gyertyános-tölgyesekkel, bükkösökkel érintkezik. A szomszédos élőhelyek gyakran befolyásolják az állomány fajösszetételét, így itt is hatással van arra. A cserjésedő szegélyben jóval fajszegényebb a rét is.

e-h) Négy, a többi minta közt magas heszperidin/rozmaringsav arányukkal elkülönülő állomány és élőhelyük képe a 2016-i gyűjtésből. Kurzívval kiemelve azok, amik a termesztési kísérletbe is bekerültek. **HOR1**, **KBT**, **MAC**, **MÁH2**.



e) **HOR1** menta és élőhelye, Tebepusza, rét Répáshuta közelében, Bükki N.P. Fotó: dr. Szalontai H.



- f) **KBT** menta és környezete, Bátonyterenye-Dózsatelep (Kisbátony) mellett. Társnövényei között többféle nitrogénkedvelő (pl. földibodza, és a képen nem látható bojtorján), vagy nitrogénjelző faj (nagycesalán) volt.



g) MAC menta és élőhelye a Zagyva forrásánál kialakított tározó nádasában, Bátortereny-Maconka (Nyugati-Mátra-Mátralába régió)
Fotó: Patonay K.



h) MÁH2 menta és élőhelye, Mátraháza–Tölgyesbérc (Központi-Mátra). Képek: Patonay K.

i-j) Két, ugyanazon (É 47,890970; K 20,390122) koordináták alatt élő, de összetételében gyökeresen eltérő növény (**EGR3** és EGR2) környezete Egerben. Társnövényeik közt tarackbúza, egérárpa és más pázzitfűvek, nád, vízimenta, nagycsalán voltak. Közelükben (j) kép háttérben, rozsdaszínű levélzettel) nagy japánkeserűfű-állomány. Nyaranta 2-3x nyírott, egyébként elhanyagolt, szemetes terület.



i) **EGR3** menta és közvetlen környezete, 2016 július

j) **EGR3** és EGR2 élőhelye (EGR2 felől fotózva), 2016 július. Képek: Patonay K.

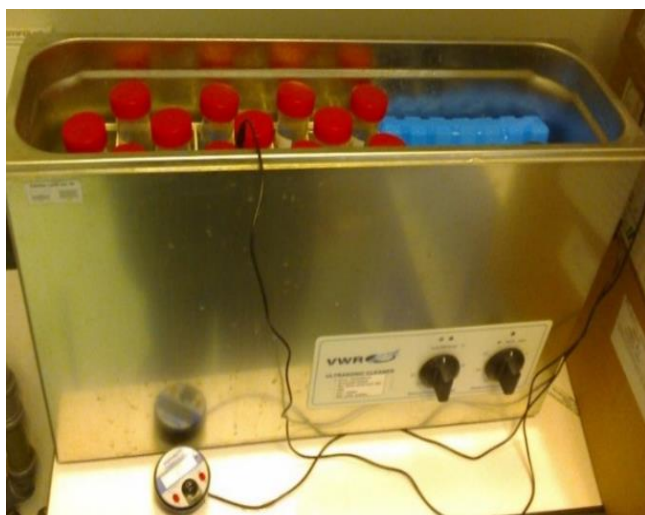
M5 MELLÉKLET Az oldószeres extrakció eszközei, elrendezése



M5/2. ábra Soxhlet-extrakció elrendezése.

Eszközök: Soxhlet-feltét 250 cm³, Lenz. Kivonatoló hüvely, üvegszálás, General Electric.

Drog/oldószer 1,5 g/250 250 cm³



M5/23. ábra Hűtött UH fürdő elrendezése, jégakkumulátorral, hőmérővel.

A fürdőben egyszerre 8-12, centrifugacsövekbe bemért, homogenizált minta kezelése folyt.

Eszközök: UH fürdő 45 kHz, VWR. A növényi anyagok az oldószerrel való

homogenizálásához extrakció előtt IKA Ultra Turrax 25 Basic készüléket használtunk, 2.

fokozaton (6500 rpm). A fürdő hőfoka max. 30 °C. Drog/oldószer 0,5 g/75 cm³, ahol ez a térfogat három, egyesített 25 cm³-es oldószeradagból (fokozatból) adódik.

M6 MELLÉKLET A menta klónok AO aktivitása, fenoloidösszetétele közti különbségek vizsgálatához végzett Kruskal-Wallis-teszt részletes eredményei az egri termőhelyen

A vizsgálatnál „taxon” néven adtam meg csoportképző változóként (grouping variable) az egyes klónokat, mivel ebbe a változóba csak számot lehetett bevinni.

1 = KBT, 2 = HOR1, 3 = HOR2, 4 = EGR3, 5 = DOM.

A vizsgált változók (test fields) voltak:

RA koncentrációja (jele R); Ionicerin koncentrációja (L); cinarozid koncentrációja (LG); diozmin (D); eriocitrin koncentrációja (E) heszperidin koncentrációja (H) kávésav koncentrációja (K); továbbá, összpolicifenol (TPC); DPPH-érték; FRAP-érték.

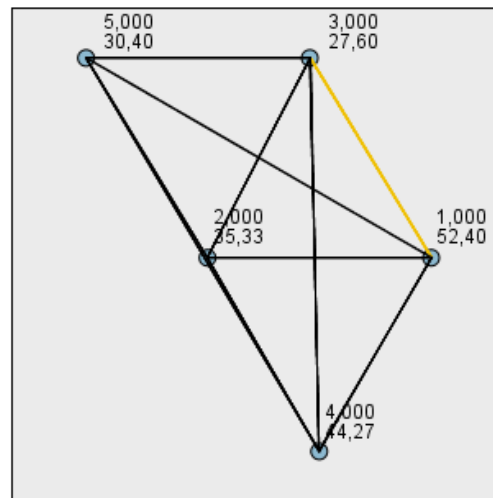
1. A teszt végeztével kapott hipotézisvizsgálat-táblázat.

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of R is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,010	Reject the null hypothesis.
2	The distribution of L is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,000	Reject the null hypothesis.
3	The distribution of LG is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,000	Reject the null hypothesis.
4	The distribution of D is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,001	Reject the null hypothesis.
5	The distribution of E is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,000	Reject the null hypothesis.
6	The distribution of H is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,019	Reject the null hypothesis.
7	The distribution of K is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,050	Retain the null hypothesis.
8	The distribution of TPC is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,235	Retain the null hypothesis.
9	The distribution of DPPH is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,018	Reject the null hypothesis.
10	The distribution of FRAP is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,038	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

2. „taxon” változó páros vizsgálatai (Dunn-teszt) rozmarinsavtartalomra (R); a narancsszín jelöli azt a párost, amiben szignifikáns különbség van.

Pairwise Comparisons of taxon



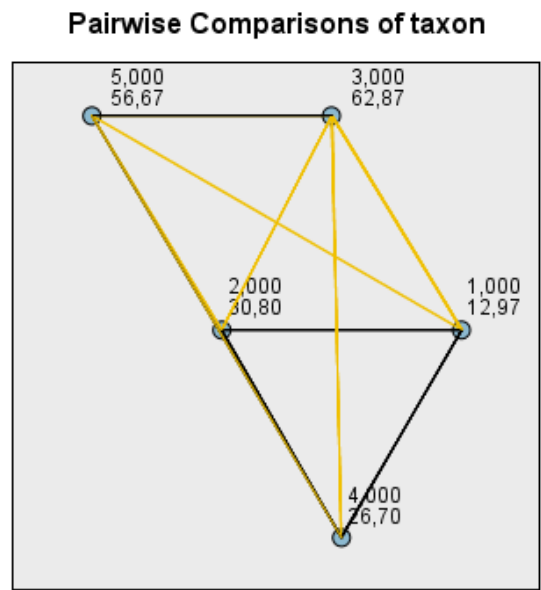
Each node shows the sample average rank of taxon.

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
3,000-5,000	-2,800	7,958	-,352	,725	1,000
3,000-2,000	7,733	7,958	,972	,331	1,000
3,000-4,000	-16,667	7,958	-2,094	,036	,362
3,000-1,000	24,800	7,958	3,116	,002	,018
5,000-2,000	4,933	7,958	,620	,535	1,000
5,000-4,000	13,867	7,958	1,742	,081	,814
5,000-1,000	22,000	7,958	2,764	,006	,057
2,000-4,000	-8,933	7,958	-1,123	,262	1,000
2,000-1,000	17,067	7,958	2,145	,032	,320
4,000-1,000	8,133	7,958	1,022	,307	1,000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is .05.

Cruska-Wallis
Fjeld(s): R* taxon(Test 1)
Lavout

3. „taxon” változó páros vizsgálatai lonicerintartalomra (L);



Each node shows the sample average rank of taxon.

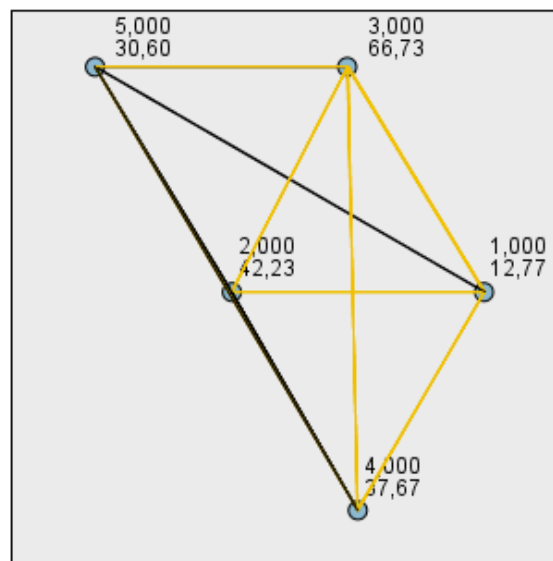
Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
1,000-4,000	-13,733	7,958	-1,726	,084	,844
1,000-2,000	-17,833	7,958	-2,241	,025	,250
1,000-5,000	-43,700	7,958	-5,491	,000	,000
1,000-3,000	-49,900	7,958	-6,270	,000	,000
4,000-2,000	4,100	7,958	,515	,606	1,000
4,000-5,000	-29,967	7,958	-3,766	,000	,002
4,000-3,000	36,167	7,958	4,545	,000	,000
2,000-5,000	-25,867	7,958	-3,250	,001	,012
2,000-3,000	-32,067	7,958	-4,029	,000	,001
5,000-3,000	6,200	7,958	,779	,436	1,000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05.

ruskal-Wallis Fjeld(s): L * taxon(Test 2) Layout

4. „taxon” változó páros vizsgálatai cinarozidtartalomra (LG);

Pairwise Comparisons of taxon



Each node shows the sample average rank of taxon.

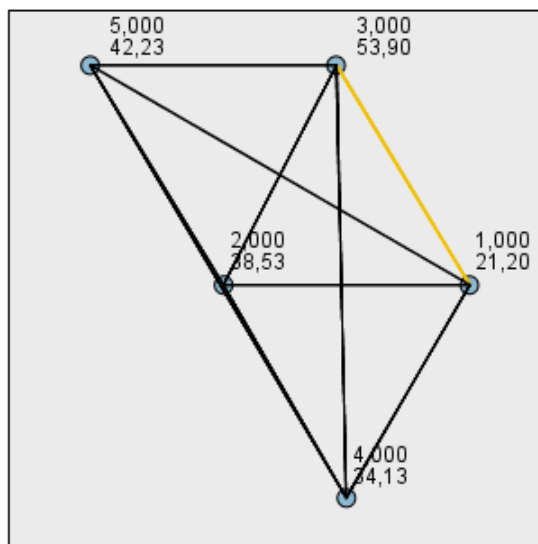
Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig.
1,000-5,000	-17,833	7,932	-2,248	,025	,246
1,000-4,000	-24,900	7,932	-3,139	,002	,017
1,000-2,000	-29,467	7,932	-3,715	,000	,002
1,000-3,000	-53,967	7,932	-6,803	,000	,000
5,000-4,000	7,067	7,932	,891	,373	1,000
5,000-2,000	11,633	7,932	1,467	,142	1,000
5,000-3,000	36,133	7,932	4,555	,000	,000
4,000-2,000	4,567	7,932	,576	,565	1,000
4,000-3,000	29,067	7,932	3,664	,000	,002
2,000-3,000	-24,500	7,932	-3,089	,002	,020

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is .05.

Kruskal-Wallis Fjeld(s): LG * taxon(Test 3) Layout

5. „taxon” változó Dunn-tesztje diózmintartalomra (D);

Pairwise Comparisons of taxon



Each node shows the sample average rank of taxon.

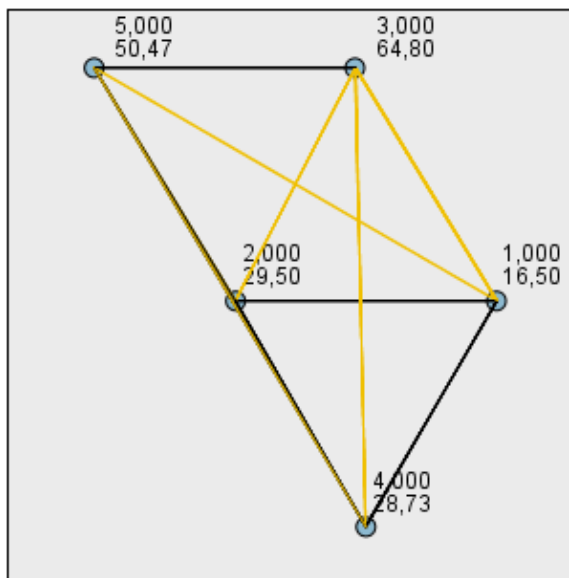
Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
1,000-4,000	-12,933	7,672	-1,686	,092	,918
1,000-2,000	-17,333	7,672	-2,259	,024	,239
1,000-5,000	-21,033	7,672	-2,741	,006	,061
1,000-3,000	-32,700	7,672	-4,262	,000	,000
4,000-2,000	4,400	7,672	,573	,566	1,000
4,000-5,000	-8,100	7,672	-1,056	,291	1,000
4,000-3,000	19,767	7,672	2,576	,010	,100
2,000-5,000	-3,700	7,672	-,482	,630	1,000
2,000-3,000	-15,367	7,672	-2,003	,045	,452
5,000-3,000	11,667	7,672	1,521	,128	1,000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level

Kruskal-Wallis Field(s): D * taxon(Test 4) Layout

6. „taxon” változó páros vizsgálatai eriocitrinre (E)

Pairwise Comparisons of taxon



Each node shows the sample average rank of taxon.

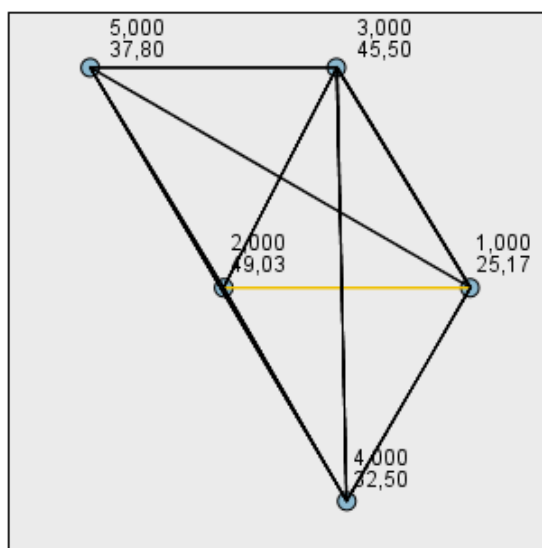
Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig.
1,000-4,000	-12,233	7,643	-1,601	,109	1,000
1,000-2,000	-13,000	7,643	-1,701	,089	,890
1,000-5,000	-33,967	7,643	-4,444	,000	,000
1,000-3,000	-48,300	7,643	-6,319	,000	,000
4,000-2,000	,767	7,643	,100	,920	1,000
4,000-5,000	-21,733	7,643	-2,843	,004	,045
4,000-3,000	36,067	7,643	4,719	,000	,000
2,000-5,000	-20,967	7,643	-2,743	,006	,061
2,000-3,000	-35,300	7,643	-4,619	,000	,000
5,000-3,000	14,333	7,643	1,875	,061	,607

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is .05.

Kruskal-Wallis Ffield(s): E * taxon(Test 5) Layout

7. „taxon” változó Dunn-tesztje heszperidintartalomra (H);

Pairwise Comparisons of taxon



Each node shows the sample average rank of taxon.

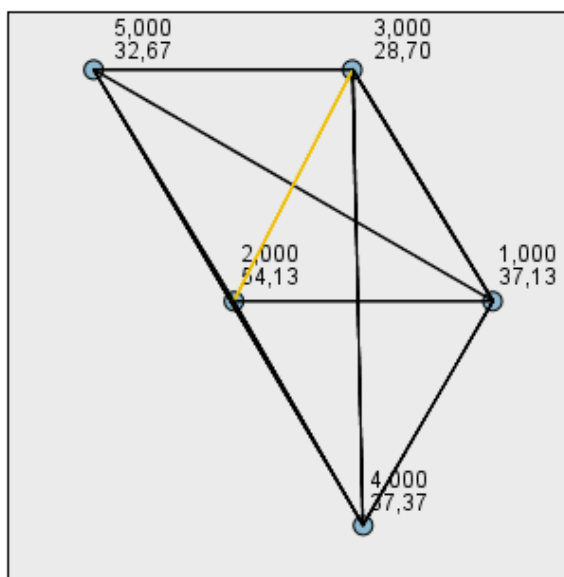
Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
1,000-4,000	-7,333	7,958	-.921	,357	1,000
1,000-5,000	-12,633	7,958	-1,587	,112	1,000
1,000-3,000	-20,333	7,958	-2,555	,011	,106
1,000-2,000	-23,867	7,958	-2,999	,003	,027
4,000-5,000	-5,300	7,958	-.666	,505	1,000
4,000-3,000	13,000	7,958	1,634	,102	1,000
4,000-2,000	16,533	7,958	2,078	,038	,378
5,000-3,000	7,700	7,958	,968	,333	1,000
5,000-2,000	11,233	7,958	1,412	,158	1,000
3,000-2,000	3,533	7,958	,444	,657	1,000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is .05.

Kruskal-Wallis Fjeld(s): H* taxon(Test 6) Layout

8. „taxon” változó Dunn-tesztje DPPH értékekre

Pairwise Comparisons of taxon



Each node shows the sample average rank of taxon.

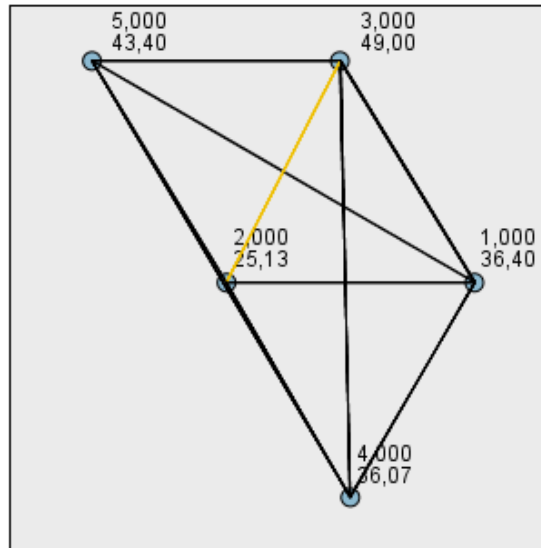
Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
3,000-5,000	-3,967	7,958	-,498	,618	1,000
3,000-1,000	8,433	7,958	1,060	,289	1,000
3,000-4,000	-8,667	7,958	-1,089	,276	1,000
3,000-2,000	25,433	7,958	3,196	,001	,014
5,000-1,000	4,467	7,958	,561	,575	1,000
5,000-4,000	4,700	7,958	,591	,555	1,000
5,000-2,000	21,467	7,958	2,697	,007	,070
1,000-4,000	-,233	7,958	-,029	,977	1,000
1,000-2,000	-17,000	7,958	-2,136	,033	,327
4,000-2,000	16,767	7,958	2,107	,035	,351

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is .05.

Test: Kruskal-Wallis Field(s): DPPH * taxon(Test 9) Layout

9. „taxon” Dunn-tesztje FRAP értékekre

Pairwise Comparisons of taxon



Each node shows the sample average rank of taxon.

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
2,000-4,000	-10,933	7,958	-1,374	,169	1,000
2,000-1,000	11,267	7,958	1,416	,157	1,000
2,000-5,000	-18,267	7,958	-2,295	,022	,217
2,000-3,000	-23,867	7,958	-2,999	,003	,027
4,000-1,000	,333	7,958	,042	,967	1,000
4,000-5,000	-7,333	7,958	-,921	,357	1,000
4,000-3,000	12,933	7,958	1,625	,104	1,000
1,000-5,000	-7,000	7,958	-,880	,379	1,000
1,000-3,000	-12,600	7,958	-1,583	,113	1,000
5,000-3,000	5,600	7,958	,704	,482	1,000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is .05.

Kruskal-Wallis Field(s): FRAP * taxon(Test 10) Layout

M7 MELLÉKLET A menta klónok AO aktivitása, fenoloidösszetétele közti különbségek vizsgálatához végzett Kruskal-Wallis-teszt részletes eredményei a soroksári termőhelyen

A vizsgálatnál „taxon” néven adtam meg csoportképző változóként (grouping variable) az egyes klónokat, mivel ebbe a változóba csak számot lehetett bevinni.

1 = KBT, 2 = HOR1, 3 = HOR2, 4 = EGR3, 5 = DOM.

A vizsgált változók (test fields) voltak:

RA koncentrációja (jele R); Ionicerin koncentrációja (L); cinarozid koncentrációja (LG); diozmin (D); eriocitrin koncentrációja (E) heszperidin koncentrációja (H) kávésav koncentrációja (K); továbbá, összpolicfenol (TPC); DPPH-érték; FRAP-érték.

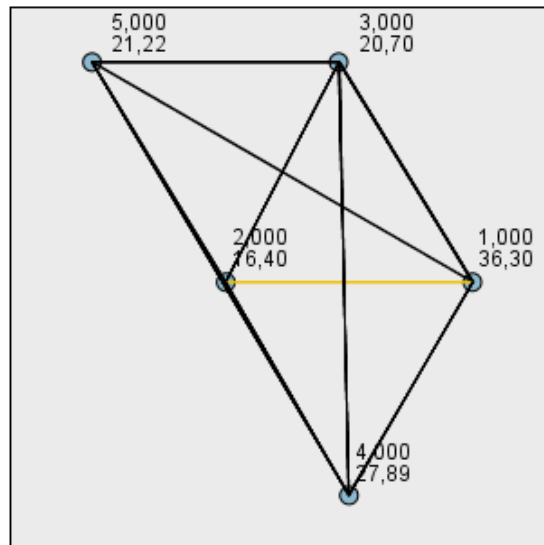
1. A hipotézisvizsgálat-táblázat

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of R is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,016	Reject the null hypothesis.
2	The distribution of L is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,000	Reject the null hypothesis.
3	The distribution of LG is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,000	Reject the null hypothesis.
4	The distribution of D is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,007	Reject the null hypothesis.
5	The distribution of E is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,000	Reject the null hypothesis.
6	The distribution of H is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,000	Reject the null hypothesis.
7	The distribution of K is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,053	Retain the null hypothesis.
8	The distribution of TPC is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,444	Retain the null hypothesis.
9	The distribution of DPPH is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,065	Retain the null hypothesis.
10	The distribution of FRAP is the same across categories of taxon.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,558	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

2. „taxon” változó RA-tartalomra végzett Dunn-tesztje

Pairwise Comparisons of taxon

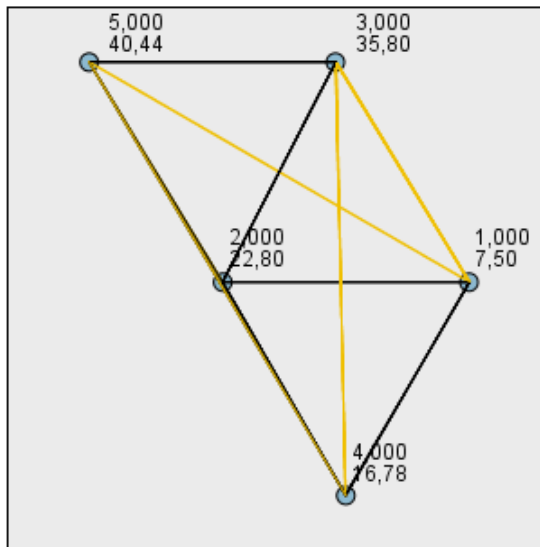


Each node shows the sample average rank of taxon.

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
2,000-3,000	-4,300	6,261	-,687	,492	1,000
2,000-5,000	-4,822	6,433	-,750	,453	1,000
2,000-4,000	-11,489	6,433	-1,786	,074	,741
2,000-1,000	19,900	6,261	3,178	,001	,015
3,000-5,000	-,522	6,433	-,081	,935	1,000
3,000-4,000	-7,189	6,433	-1,118	,264	1,000
3,000-1,000	15,600	6,261	2,492	,013	,127
5,000-4,000	6,667	6,600	1,010	,312	1,000
5,000-1,000	15,078	6,433	2,344	,019	,191
4,000-1,000	8,411	6,433	1,308	,191	1,000

3. „taxon” változó Lonicerintartalomra (L) végzett Dunn-tesztje

Pairwise Comparisons of taxon

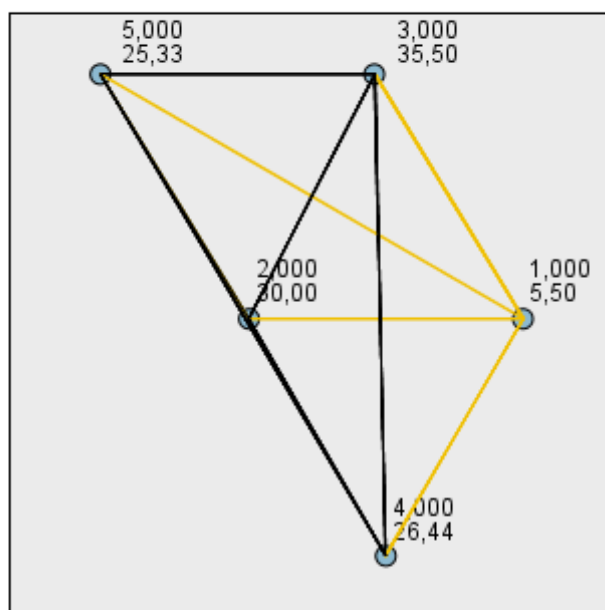


Each node shows the sample average rank of taxon.

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
1,000-4,000	-9,278	6,433	-1,442	,149	1,000
1,000-2,000	-15,300	6,261	-2,444	,015	,145
1,000-3,000	-28,300	6,261	-4,520	,000	,000
1,000-5,000	-32,944	6,433	-5,122	,000	,000
4,000-2,000	6,022	6,433	,936	,349	1,000
4,000-3,000	19,022	6,433	2,957	,003	,031
4,000-5,000	-23,667	6,600	-3,586	,000	,003
2,000-3,000	-13,000	6,261	-2,076	,038	,379
2,000-5,000	-17,644	6,433	-2,743	,006	,061
3,000-5,000	-4,644	6,433	-,722	,470	1,000

4. „taxon” változó cinarozidtartalomra (LG) végzett Dunn-tesztje

Pairwise Comparisons of taxon

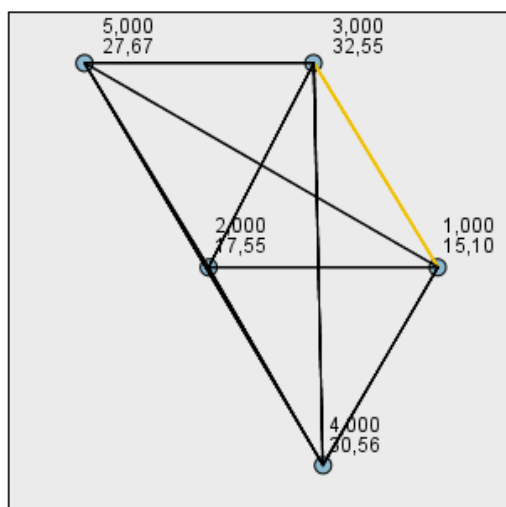


Each node shows the sample average rank of taxon.

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
1,000-5,000	-19,833	6,423	-3,088	,002	,020
1,000-4,000	-20,944	6,423	-3,261	,001	,011
1,000-2,000	-24,500	6,251	-3,919	,000	,001
1,000-3,000	-30,000	6,251	-4,799	,000	,000
5,000-4,000	1,111	6,590	,169	,866	1,000
5,000-2,000	4,667	6,423	,727	,467	1,000
5,000-3,000	10,167	6,423	1,583	,113	1,000
4,000-2,000	3,556	6,423	,554	,580	1,000
4,000-3,000	9,056	6,423	1,410	,159	1,000
2,000-3,000	-5,500	6,251	-,880	,379	1,000

5. Eriocitrin-tartalom (E) Dunn-tesztje „taxon” változón

Pairwise Comparisons of taxon

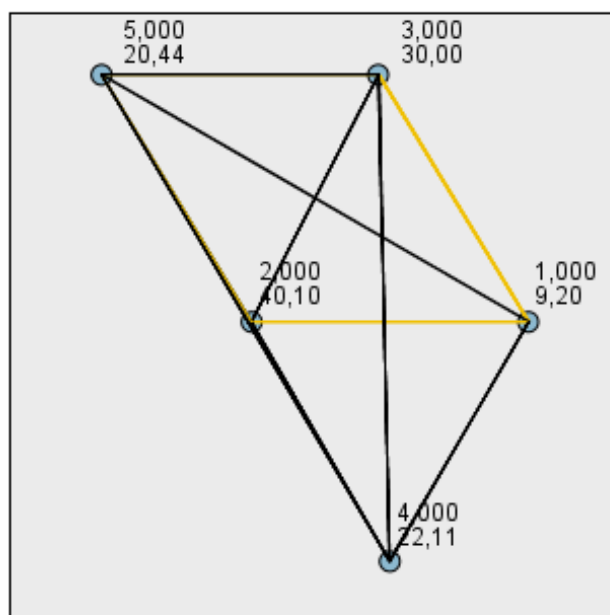


Each node shows the sample average rank of taxon.

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
1,000-2,000	-2,450	5,857	-,418	,676	1,000
1,000-5,000	-12,567	6,018	-2,088	,037	,368
1,000-4,000	-15,456	6,018	-2,568	,010	,102
1,000-3,000	-17,450	5,857	-2,979	,003	,029
2,000-5,000	-10,117	6,018	-1,681	,093	,927
2,000-4,000	-13,006	6,018	-2,161	,031	,307
2,000-3,000	-15,000	5,857	-2,561	,010	,104
5,000-4,000	2,889	6,174	,468	,640	1,000
5,000-3,000	4,883	6,018	,811	,417	1,000
4,000-3,000	1,994	6,018	,331	,740	1,000

6. „taxon” változó Heszperidin-tartalomra végzett (H) Dunn-tesztje

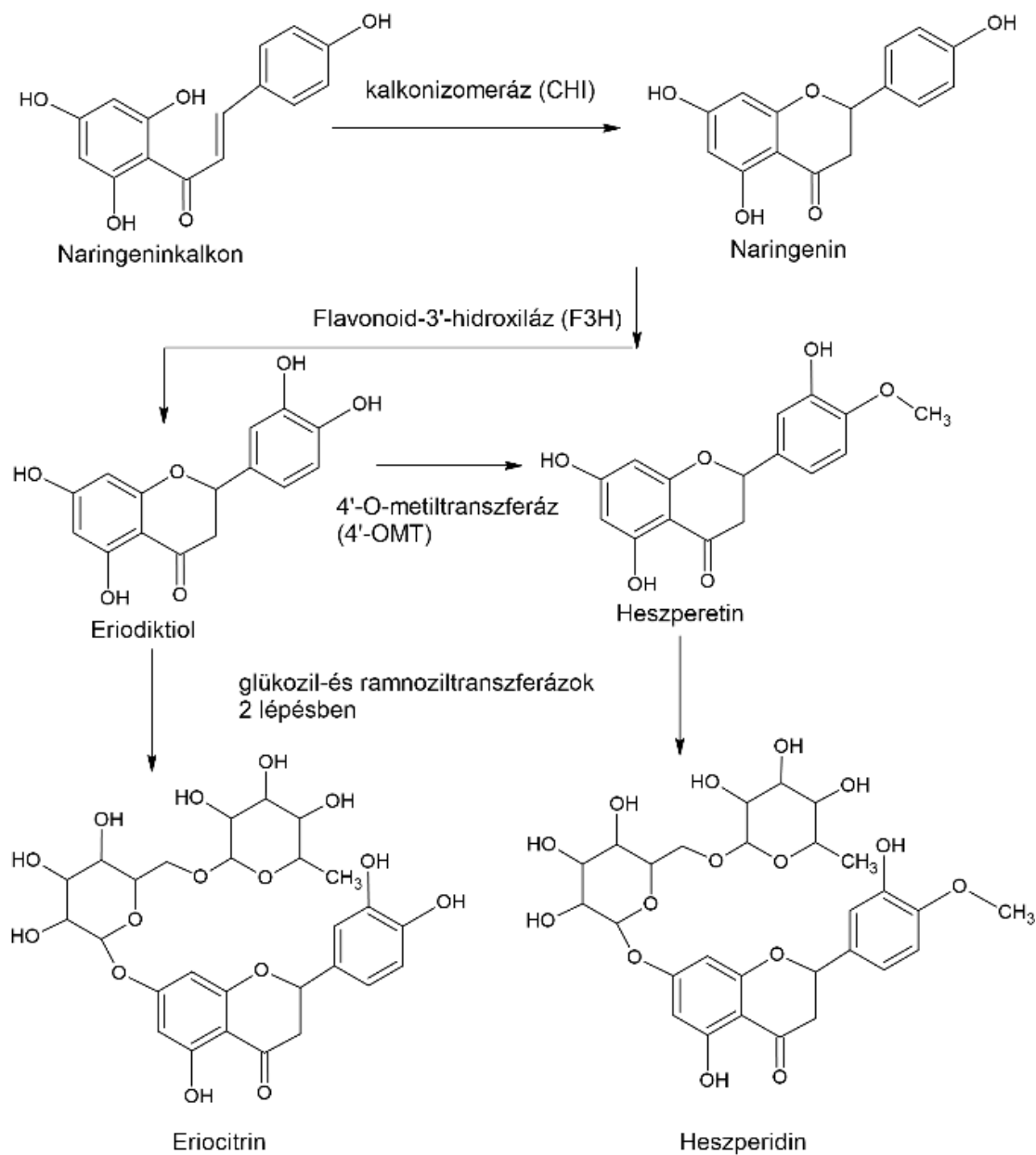
Pairwise Comparisons of taxon



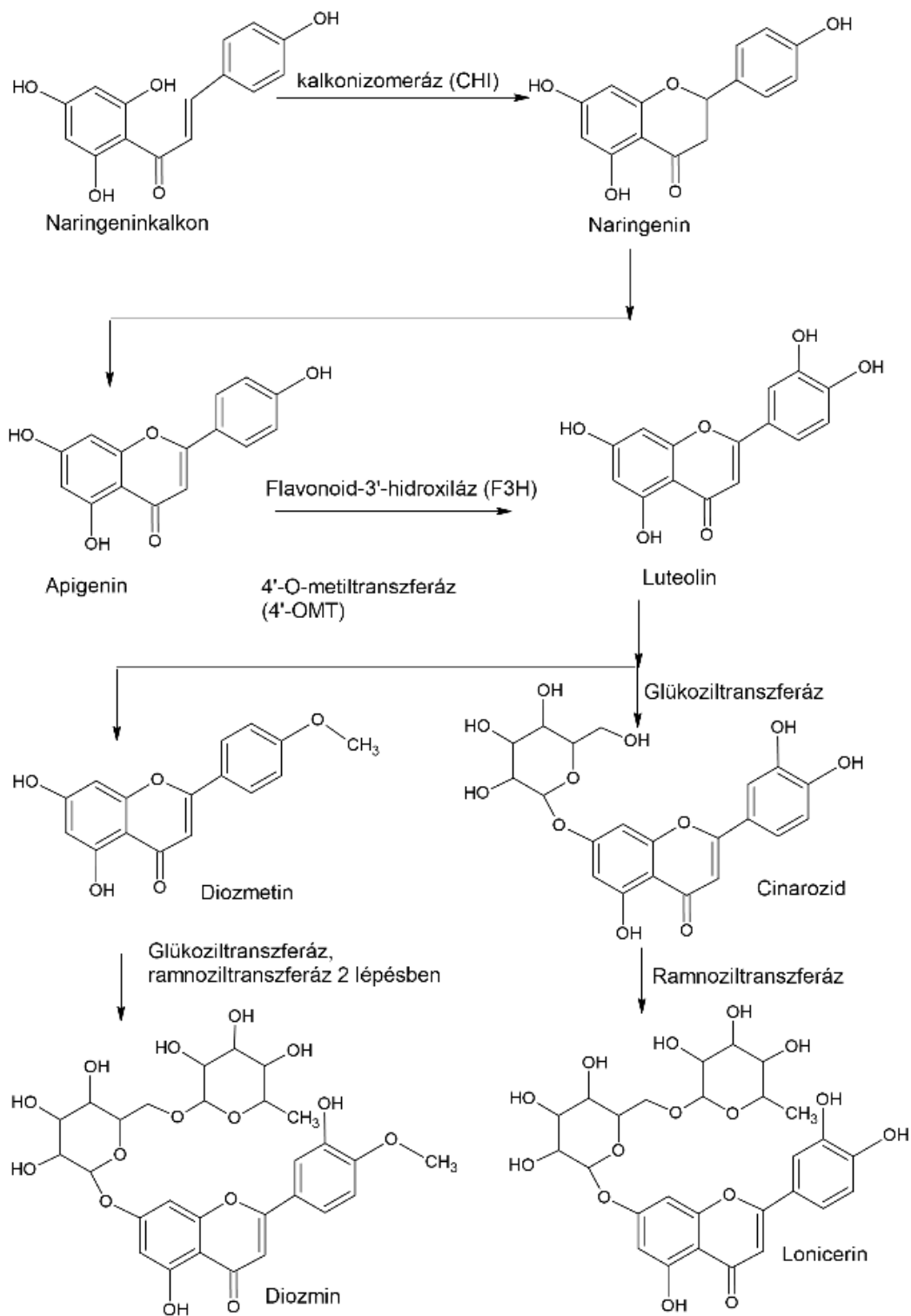
Each node shows the sample average rank of taxon.

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
1,000-5,000	-11,244	6,433	-1,748	,080	,805
1,000-4,000	-12,911	6,433	-2,007	,045	,447
1,000-3,000	-20,800	6,261	-3,322	,001	,009
1,000-2,000	-30,900	6,261	-4,935	,000	,000
5,000-4,000	1,667	6,600	,253	,801	1,000
5,000-3,000	9,556	6,433	1,485	,137	1,000
5,000-2,000	19,656	6,433	3,056	,002	,022
4,000-3,000	7,889	6,433	1,226	,220	1,000
4,000-2,000	17,989	6,433	2,797	,005	,052
3,000-2,000	10,100	6,261	1,613	,107	1,000

**M8 MELLÉKLET A klónok flavonoidjai koncentrációjának korrelációi alapján
vázolható anyagcsereutak sémái**



M.8/1. ábra Az eriocitrinhez vezető anyagcsereút és a heszperetin-út vázlatja. Rajz: Patonay K.



M.8/2. ábra A luteolin-út diozminhoz és luteolin-7-O-glikozidokhoz vezető ágainak vázlatja Rajz: Patonay K.

M9 MELLÉKLET A klónok pontszámai a betakarításra optimális fenofázis vizsgálatában

M9/1. táblázat. HOR1 klón pontszámai a betakarításra nézve legjobb fenofázist kereső vizsgálaton

HOR1 menta pontszámai							
Minta	TPC	EC50	FRAP	RA	Eriocitrin	Lonicerin	Össz
HOR1_L1_2018_EGR	1	1	1	1	1	1	6
HOR1_VK_2018_EGR	3	1	3	2	1	4	14
HOR1_V_2018_EGR	5	5	2	4	1	3	20
HOR1_T_2018_EGR	4	3	4	3	1	5	20
HOR1_L2_2018_EGR	1	4	5	5	1	2	18
HOR1_L1_2019_EGR	5	5	5	5	3	1	24
HOR1_VK_2019_EGR	2	4	4	4	2	3	19
HOR1_V_2019_EGR	4	4	3	3	1	4	19
HOR1_T_2019_EGR	3	1	1	1	5	5	16
HOR1_L2_2019_EGR	1	2	2	1	4	2	12
HOR1_L1_2020_EGR	5	5	4	5	5	3	27
HOR1_VK_2020_EGR	4	3	3	4	4	4	22
HOR1_V_2020_EGR	2	1	2	2	3	5	15
HOR1_T_2020_EGR	1	1	1	1	1	4	9
HOR1_L2_2020_EGR	3	4	5	3	2	1	18
HOR1_L1_2019_SOR	5	5	5	5	5	5	30
HOR1_VK_2019_SOR	2	1	1	2	2	1	9
HOR1_V_2019_SOR	3	2	3	4	3	1	16
HOR1_T_2019_SOR	1	5	2	1	4	1	14
HOR1_L2_2019_SOR	4	5	2	1	1	1	14
HOR1_L1_2020_SOR	5	4	4	5	2	5	25
HOR1_VK_2020_SOR	4	4	4	3	3	1	19
HOR1_V_2020_SOR	4	5	5	4	5	1	24
HOR1_T_2020_SOR	3	2	3	2	5	1	16
HOR1_L2_2020_SOR	1	1	1	1	1	1	6

RA = rozmaringsav

M9/2. táblázat. HOR2 klón pontszámái a betakarításra nézve legjobb fenofázist kereső vizsgálaton

HOR2 menta pontszámái							
Minta	TPC	EC ₅₀	FRAP	RA	Eriocitrin	Lonicerin	Össz
HOR2_L1_2018_EGR	1	1	4	2	1	1	10
HOR2_VK_2018_EGR	2	4	4	3	4	4	21
HOR2_V_2018_EGR	4	5	4	4	1	3	21
HOR2_T_2018_EGR	4	1	1	1	1	3	11
HOR2_L2_2018_EGR	5	5	5	5	5	5	30
HOR2_L1_2019_EGR	5	4	5	5	4	5	28
HOR2_VK_2019_EGR	4	5	3	2	4	2	20
HOR2_V_2019_EGR	4	1	4	4	5	4	22
HOR2_T_2019_EGR	1	3	3	1	4	3	15
HOR2_L2_2019_EGR	4	2	1	3	1	1	12
HOR2_L1_2020_EGR	4	4	5	5	4	1	23
HOR2_VK_2020_EGR	5	3	4	4	5	5	26
HOR2_V_2020_EGR	1	5	4	3	5	4	22
HOR2_T_2020_EGR	3	1	1	1	4	2	12
HOR2_L2_2020_EGR	3	4	4	4	1	3	19
HOR2_L1_2019_SOR	5	5	5	5	2	3	25
HOR2_VK_2019_SOR	2	2	2	2	3	2	13
HOR2_V_2019_SOR	4	4	3	4	5	5	25
HOR2_T_2019_SOR	1	1	1	3	2	1	9
HOR2_L2_2019_SOR	4	4	3	1	1	2	15
HOR2_L1_2020_SOR	5	5	5	5	3	4	27
HOR2_VK_2020_SOR	4	4	4	5	5	3	25
HOR2_V_2020_SOR	2	3	3	5	4	5	22
HOR2_T_2020_SOR	3	2	2	3	1	2	13
HOR2_L2_2020_SOR	1	1	1	1	2	1	7

RA = rozmaringsav

M9./3. táblázat. EGR3 klón pontszámái a betakarításra nézve legjobb fenofázist kereső vizsgálaton

EGR3 menta pontszámái							
Minta	TPC	EC ₅₀	FRAP	RA	Eriocitrin	Lonicerin	Össz
EGR3_L1_2018_EGR	2	2	1	5	4	1	15
EGR3_VK_2018_EGR	5	5	4	5	1	1	21
EGR3_V_2018_EGR	5	3	5	4	3	1	21
EGR3_T_2018_EGR	4	2	5	3	2	1	17
EGR3_L2_2018_EGR	1	1	4	1	5	5	17
EGR3_L1_2019_EGR	5	5	5	5	5	5	30
EGR3_VK_2019_EGR	4	4	4	4	1	1	18
EGR3_V_2019_EGR	3	4	4	3	5	5	24
EGR3_T_2019_EGR	1	1	1	2	4	1	10
EGR3_L2_2019_EGR	1	1	2	1	2	1	8
EGR3_L1_2020_EGR	5	5	5	5	4	3	27
EGR3_VK_2020_EGR	4	3	4	4	5	4	24
EGR3_V_2020_EGR	3	4	2	3	5	2	19
EGR3_T_2020_EGR	2	1	3	2	1	1	10
EGR3_L2_2020_EGR	1	1	1	1	5	5	14
EGR3_L1_2019_SOR	5	5	5	5	5	5	30
EGR3_VK_2019_SOR	4	4	3	4	4	1	20
EGR3_V_2019_SOR	3	3	1	3	3	1	14
EGR3_T_2019_SOR	2	1	2	1	4	1	11
EGR3_L2_2019_SOR	1	2	3	3	1	1	11
EGR3_L1_2020_SOR	5	5	5	5	2	5	27
EGR3_VK_2020_SOR	4	4	3	3	4	5	23
EGR3_V_2020_SOR	5	5	4	4	5	1	24
EGR3_L2_2020_SOR	1	1	1	1	1	4	9

RA = rozmaringsav

M9/4. táblázat. DOM klón pontszámai a betakarításra nézve legjobb fenofázist kereső vizsgálaton

DOM menta pontszámai							
Minta	TPC	EC ₅₀	FRAP	RA	Eriocitrin	Lonicerin	Össz
DOM_L1_2018_EGR	1	1	1	1	5	1	10
DOM_VK_2018_EGR	4	4	4	5	1	3	21
DOM_V_2018_EGR	5	4	5	4	4	4	26
DOM_T_2018_EGR	3	5	1	2	3	5	19
DOM_L2_2018_EGR	5	5	3	5	5	1	24
DOM_L1_2019_EGR	4	5	5	5	5	4	28
DOM_VK_2019_EGR	5	4	4	3	5	5	26
DOM_V_2019_EGR	2	4	4	2	4	2	18
DOM_T_2019_EGR	1	1	1	1	3	3	10
DOM_L2_2019_EGR	3	5	2	4	1	1	16
DOM_L1_2020_EGR	5	5	5	5	4	2	26
DOM_VK_2020_EGR	4	1	4	4	3	3	19
DOM_V_2020_EGR	4	1	3	1	5	4	18
DOM_T_2020_EGR	1	2	1	2	1	1	8
DOM_L2_2020_EGR	5	2	2	3	4	5	21
DOM_L1_2019_SOR	5	5	5	5	4	4	28
DOM_VK_2019_SOR	4	4	4	5	4	5	26
DOM_V_2019_SOR	4	5	3	1	5	3	21
DOM_T_2019_SOR	1	1	1	2	1	1	7
DOM_L2_2019_SOR	2	2	2	4	2	2	14
DOM_L1_2020_SOR	5	5	5	5	3	4	27
DOM_V_2020_SOR	5	4	5	1	5	5	25
DOM_T_2020_SOR	3	3	3	4	1	1	15
DOM_L2_2020_SOR	1	1	4	2	4	2	14

RA = rozmaringsav

M9/5. táblázat. KBT klón pontszámai a betakarításra nézve legjobb fenofázist kereső vizsgálaton.

KBT menta pontszámai							
Minta	TPC	EC ₅₀	FRAP	RA	Eriocitrin	Lonicerin	Össz
KBT_L1_2018_EGR	1	1	1	3	1	2	9
KBT_VK_2018_EGR	4	4	4	4	1	1	18
KBT_V_2018_EGR	5	5	3	1	1	3	18
KBT_T_2018_EGR	5	5	4	5	1	4	24
KBT_L2_2018_EGR	4	5	5	5	1	5	25
KBT_L1_2019_EGR	5	5	5	5	1	2	23
KBT_VK_2019_EGR	4	4	4	3	1	5	21
KBT_V_2019_EGR	3	3	3	2	1	3	15
KBT_T_2019_EGR	1	1	1	1	1	4	9
KBT_L2_2019_EGR	4	4	2	4	1	1	16
KBT_L1_2020_EGR	5	5	5	5	1	1	22
KBT_VK_2020_EGR	4	4	4	4	1	1	18
KBT_V_2020_EGR	3	3	1	3	1	3	14
KBT_T_2020_EGR	2	2	3	2	1	4	14
KBT_L2_2020_EGR	1	1	2	1	1	5	11
KBT_L1_2019_SOR	5	5	2	3	1	2	18
KBT_VK_2019_SOR	4	3	5	5	1	1	19
KBT_V_2019_SOR	3	3	4	4	1	3	18
KBT_T_2019_SOR	3	1	2	3	1	5	15
KBT_L2_2019_SOR	1	1	1	1	1	1	6
KBT_L1_2020_SOR	2	5	5	4	1	1	18
KBT_VK_2020_SOR	5	4	5	5	1	4	24
KBT_V_2020_SOR	4	4	3	4	1	4	20
KBT_T_2020_SOR	3	3	2	2	1	5	16
KBT_L2_2020_SOR	1	1	1	1	1	2	7

RA = rozmaringsav

M10 MELLÉKLET Az illóolajok GC-MS vizsgálatának eredményei

M10./1. táblázat A növények illóolaj-összetevői és csoportosításuk a GC-MS vizsgálatok alapján, a mennyiségi arányokat area-százalékban megadva. Az 5 area % vagy e fölötti koncentrációkat vastagított szedéssel jelöltük.

A táblázatban használt rövidítések: **LRI**: lineáris retenciós index, **tr**, retenciós idő (perc). A vegyületek azonosításának módját (**ID**): jelölő számok: **1** MS-adatbázisok és -kézikönyv (Adams, 2017) **2** LRI alapján **3** A minták futtatásával azonos körülmények között felvett spektrumkönyvtár standardokból

Vegyület neve	tr, min	LRI	ID	Termőhely: EGR										Termőhely: SOR											
				Év: 2019					Év: 2020					Év: 2019					Év: 2020						
				KBT	HORI	HOR2	EGR3	DOM	KBT	HORI	HOR2	EGR3	DOM	KBT	HORI	HOR2	EGR3	DOM	KBT	HORI	HOR2	EGR3	DOM	KBT	HORI
<i>α</i> -Tujén	5,31	928	1, 2	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>α</i> -Pinén	5,56	938	1,2, 3	0,26	0,16	0,34	0,16	0,20	0,3	0,57	0,46	0,40	0,36	0,23	0,59	0,49	0,29	0,34	0,66	0,76	0,31	0,26			
Kámfén	5,95	952	1, 2, 3	0	0,02	0,10	0	0	0	0,05	0,12	0	0,01	0	0,11	0,01	0,02	0	0,04	0,06	0	0			
Szabinén	6,52	976	1, 2, 3	0,30	0,99	0,35	0,30	0,20	0,30	1,3	0,58	0,60	0,30	0,28	0,57	0,61	0,26	0,33	1,32	1,44	0,52	0,27			
<i>β</i> -Pinén	6,64	980	1, 2, 3	0,47	1,07	0,55	0,40	0,40	0,50	1,36	0,74	0,70	0,50	0,44	Nincs adat	0,9	0,86	0,49	0,55	1,49	1,49	0,63	0,43		
<i>β</i> -Mircén	6,99	994	1, 2, 3	0,31	1,15	0,40	0,35	0,30	0,30	1,48	0,62	0,60	0,32	0,29		0,55	0,59	0,27	0,32	1,45	1,44	0,52	0,27		
3-Oktanol	7,14	1000	1, 2, 3	0,23	0,09	0,34	0,06	0,10	0,30	0,17	0,29	0,10	0,10	0,20		0,25	0,07	0	0,21	0,11	0,06	0	0,06		
<i>α</i> -Fellandré	7,43	1008	1, 2	0	0,10	0	0	0	0	0,15	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0,13	0	0			
<i>α</i> -Terpinén	7,79	1017	1, 2, 3	0	0,88	0,09	0	0	0	1,21	0,39	0	0	0	0,1	0	0	0	0,85	2,34	0	0			
<i>para</i> -Cimol	8,09	1025	1, 2, 3	0	7,24	0,38	0	0	0,10	8,01	1,66	0	0	0	0,62	0	0	0	7,67	9,36	0	0			
Limonén	8,19	1028	1, 2, 3	0,41	0,5	2,73	0,62	0,40	0,60	0,59	2,66	1,20	0,64	0,48	3,3	1,32	0,35	0,43	0,5	0,91	1,76	0,36			
1,8-Cineol	8,38	1033	1, 2, 3	2,81	17,5	3,06	3,70	1,50	2,60	14,87	4,38	5,00	1,54	2,68	4,64	5,16	1,57	2,60	17,10	14,90	4,94	2,17			
(Z)-Ocimén	8,5	1036	1, 2	0,50	0,25	0,38	0,64	0,30	0,40	0,22	0,32	1,00	0,40	0,32	0,25	0,63	0,17	0,46	0,24	0,37	0,87	0,43			
(E)-Ocimén	8,85	1046	1, 2	0,06	0,03	0,03	0,06	0	0,10	0,04	0,03	0,10	0,04	0,04	0	0,06	0,02	0,05	0,04	0,05	0,06	0,04			
<i>γ</i> -Terpinén	9,2	1055	1, 2, 3	0	4,15	0,49	0	0	0	4,74	1,75	0,40	0	0	0,44	0	0	0	3,57	7,22	0	0			
Terpinén-4-acetát	9,59	1065	1, 2	0,01	0,69	0	0,01	0	0	0,83	0,20	0	0	0	Nincs adat	0	0	0	0	0,77	0,59	0,03	0		
Linalool	10,76	1097	1, 2, 3	0	0	0	0	0	0	0,19	0,39	0	0	0		0	0	0	0	0,17	0,71	0	0		

3-Oktil-acetát	11,58	1120	1, 2	0	0,3	0	0	0	0	0,24	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0,39	0,18	0	0
Menton	12,84	1147	1, 2, 3	53,90	0,42	0,32	0,68	64,00	49,00	0,90	0	6,10	55,6	62,7	0,08	0,09	66,3	55,78	0,41	0	0	46,67	
Izomenton	13,26	1157	1, 2, 3	6,34	0	0	0,41	13,00	5,70	0,20	0	1,00	15,14	6,16	0	0	11,70	6,74	0,04	0	0	9,57	
Borneol	13,43	1162	1, 2, 3	0	0	0,64	0	0,10	0,20	0	0,73	0	0,22	0	0,42	0	0,22	0	0	0	0	0	0
<i>cisz</i> -Dehidro- α -terpineol	13,49	1164	1, 2	0	0,60	0	0	0	0	0,66	0	0,20	0	0	0	0	0,12	0	0,63	0	0	0	0
Mentol	13,68	1168	1, 2, 3	4,41	0	0	0	0,20	3,70	0	0	0	0,30	1,83	0	0	0,09	3,35	0	0	0	0	0,20
<i>transz</i> -Izopulegon	13,81	1171	1, 2	3,23	0	0	0	0,50	4,50	0	0	0	0,52	3,90	0	0	0,56	2,88	0	0	0	0	0,31
Terpinen-4-ol	13,96	1174	1, 2, 3	0	0,32	0	0	0	0	0,41	0,40	0	0	0	0	0	0	0	0,27	1,11	0,21	0	
Izomentol	14,13	1178	1, 2, 3	0,08	1,70	0	0	0	0,10	0	0	0	0,06	0	0	0	0,06	0,07	0	0	0	0	0,10
α -Terpineol	14,55	1189	1, 2, 3	0,55	0	0,53	0,79	0	0,50	1,74	0,08	0,90	0,39	0,58	0,58	0,83	0,33	0,48	1,64	1,13	0,74	0,41	
<i>cis</i> -Dihidrokarvon	14,74	1194	1, 2	0,02	0,22	57,06	0,18	0	0,40	1,99	47,57	0	0,07	0,04	54,5	0	0,47	0	0,31	8,45	0,05	0,18	
<i>trans</i> -Dihidrokarvon	15,05	1201	1, 2, 3	0	0,07	11,66	0	0	0,10	0,37	9,93	0	0	0	12,3	0	0,08	0	0,04	1,43	0	0	
<i>n</i> -Oktanol-acetát	15,22	1205	1, 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0	0
<i>1,6</i> -Dihidrokarveol	15,49	1211	1, 2	0	0	0,17	0	0	0	0,16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>transz</i> -Karveol	15,67	1215	1, 2, 3	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karvenon	15,99	1223	1, 2	0	0	0	0,53	0	0	0	0	0,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,44	0
<i>cisz</i> -Dihidrokarveol	16,03	1224	1, 2	0	0	0	0	0	0	0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Citronellol	16,12	1225	1, 2, 3	0	0	0	0	0	0	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0,12	0,08	0	0	
<i>cisz</i> -3-Hexenil-izovalerát	16,24	1229	1, 2	0	0	0	0	0	0,10	0,20	0,16	0,1	0,15	0	0	0	0	0,12	0,25	0,28	0	0,15	
Pulegon	16,38	1232	1, 2, 3	8,45	0,17	0	0	0,10	15	0,76	0	0	0,53	6,3	0	0	0,04	6,59	0	0	0	0	0,13
Karvon	16,71	1241	1, 2, 3	0	0	0,33	0	0	0	0,36	0	0	0	0	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0
Piperiton	17,06	1248	1, 2, 3	0,08	0	0,25	0	0,70	0,10	0,05	0,28	0	0	0	0,23	0	0,46	0,13	0	0,42	0	0	
<i>cisz</i> -Piperiton-epoxid	17,08	1249	1, 2	0	0	0	53,50	0	0	0,13	1,80	44,00	2,82	0	0	55,34	0	0	0,14	0,09	52,10	12,20	
Citronellil-formiát	17,77	1265	1, 2	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geranial; Citral A	17,83	1268	1, 2, 3	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Neomentil-acetát	17,84	1267	1, 2	0,24	0	0	0,09	0,10	0,20	0	0	0,10	0,08	0,14	0	0	0,11	0,21	0	0	0,11	0,14		
Dihidroedulán I.	18,37	1279	1, 2	0,44	0,44	0,44	0,63	0,40	0,20	0,31	0,51	0,50	0,42	0,19	0,36	0,30	0,23	0,22	0,36	0,59	0,38	0,47		
Mentil-acetát	18,71	1281	1, 2	1,18	0	0	0	0	0,90	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0,59	0	0	0	0		
Timol	18,81	1290	1, 2, 3	0	13,9	1,34	0,60	0	0,30	13,75	4,30	1,10	0,09	0	1,39	0,65	0	0,09	13,4	19,8	0,69	0,33		
Karvakrol	19,2	1299	1, 2, 3	0	20,6	0,46	0,44	0,10	0,30	20,23	1,44	0,90	0,14	0	0,11	0,41	0	0,10	19,3	1,28	0,61	0,18		
Dihidrokárvil-acetát	20,02	1321	1, 2	0	0	0,3	0	0	0	0	0,23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Citronellil-acetát	20,02	1322	1, 2, 3	0	0	0	0	0	0	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,05	0	0		
Timil-acetát	21,13	1352	1, 2	0	0	0	0	0	0,2	0,19	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0,64	0	0		
Eugenol	21,36	1358	1, 2, 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,12	0,18	0	0		
Karvakril-acetát	21,95	1374	1, 2	0	10,4	0	0	0	0	8,14	0,43	0	0	0	0	0	0	0	8,81	0,46	0	0		
β -Bourbonén	22,26	1383	1, 2	0,18	0,03	0,12	0,33	0,2	0,1	0,04	0,14	0,30	0,22	0	0,14	0	0,32	0,13	0,04	0,13	0,21	0,24		
β -Elemén	22,55	1391	1, 2, 3	0	0	0	0	0	0,1	0,04	0,14	0,30	0,11	0	0	0	0	0,1	0,05	0,09	0,18	0,17		
cisz-Jázmon	23,09	1405	1, 2	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,08	0,10	0,03	0	0	0	0	0,08	0,08	0,34	0	0,02		
β -Kariofillén	23,68	1419	1, 2, 3	6,45	9,95	5,98	16,5	6	4,7	8,27	6,83	13	6,54	5,64	7,98	15,2	5,8	6,57	10,7	9,95	16,5	9,22		
α -Humulén	25,07	1454	1, 2, 3	0,62	0,82	0,23	1,70	0,50	0,50	0,73	0,39	1,60	0,63	0,52	0,51	1,60	0,56	0,68	0,95	0,36	1,67	0,93		
β -Farnezén	25,27	1459	1, 2	0,27	0,07	0	1,14	0,20	0,30	0,09	0,11	0	0,24	0,19	0	1,07	0	0,31	0	0,14	0	0,35		
Germakrén D	26,18	1481	1, 2	4,92	3,31	5,88	10,9	6,70	3,60	3,36	6,41	11,00	7,86	3,87	5,28	8,79	6,51	5,82	3,9	7,29	11,1	9,32		
1-Acetoxy-p-ment-3-on	26,2	1482	1, 2	0	0	0	0	0	0	0	0,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,52	0		
Biciclogermakrén	26,81	1497	1, 2	0,75	0	1,50	1,79	1,40	0,50	0,14	1,51	1,80	2,03	0,42	0,8	0,97	1	0,93	0,16	0,69	1,44	1,91		
β -Kadinén	29,87	1580	1, 2	0	0	0	0,62	0	0,10	0,13	0,44	0,80	0,34	0	0	0	0	0,15	0	0,36	0,70	0,37		
Spatulenol	29,98	1584	1, 2	0,09	0	0,18	0,35	0,10	0,20	0	0,16	0,50	0,2	0	0	0,30	0	0,13	0	0	0,48	0,34		
Kariofillén-oxid	30,2	1590	1, 2, 3	0,18	0,06	0	0,49	0	0,60	0,08	0,12	0,60	0,17	0	0,12	0	0	0,23	0,10	0,12	0,68	0,39		
Viridiflorol	30,49	1598	1, 2	1,11	0	0	0	0	1,20	0	0	0	0	0,86	0	0	0	1,38	0	0	0	0		
<i>Monoterpének össz.</i>				84,10	73,40	82,45	64,10	83,00	87,00	78,06	82,74	66,00	80,65	87,10			82,40	67,35	84,20	82,43	73,5	77,6	64,9	75,27
<i>Szénhidrogének</i>				1,46	13,40	4,93	1,54	1,10	1,60	15,75	7,74	3,20	1,55	1,27			5,76	2,58	0,85	1,49	13,8	21,3	3,00	1,15

Nyíltlancú	0,87	1,43	0,81	1,05	0,60	0,80	1,75	0,97	1,70	0,76	0,65	0,80	1,28	0,46	0,83	1,73	1,86	1,45	0,74
Limonén & LS reakciótermékei ¹	1,44	2,72	3,97	1,48	1,30	1,60	3,81	4,44	2,80	1,81	1,43	5,36	3,28	1,39	1,65	3,97	4,60	3,22	1,32
α -Terpinil-származék, de nem cimilvegyület	0	0,98	0,09	0	0	0	1,35	0,45	0	0	0	0,10	0	0	0	0,98	2,47	0	0
γ -Terpinén és származékai	0	11,4	0,87	0	0	0,1	12,75	3,41	0,40	0	0	1,06	0	0	0	11,20	16,60	0	0
Oxigéntartalmú monoterpének	82,00	67,00	76,90	61,60	81,00	85,00	66,41	74,00	61,00	78,17	85,20	75,10	62,85	82,30	80,16	64,00	52,40	60,30	73,27
Nyíltlancú, alkohol	0	0	0	0	0	0	0,35	0,39	0	0	0	0	0	0	0	0,29	0,79	0	0
Nyíltlancú, aldehid	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nyíltlancú, észter	0	0	0	0	0	0	0,07	0	0,10	0	0	0	0	0	0	0,10	0,05	0	0
Limonén-2-oxo, alkohol	0	0	0,17	0	0	0	0	0,48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limonén-2-oxo, keton	0,02	0,29	69,05	0,71	0	0,50	2,36	57,86	0,50	0,07	0,04	67,00	0	0,55	0	0,35	9,88	0,49	0,18
Limonén-3-oxo, alkohol	4,41	0	0	0	0,20	3,70	0	0	0	0,30	1,83	0	0	0,09	3,35	0	0	0	0,20
Limonén-3-oxo, keton	72,00	0,59	0,57	1,09	79,00	75,00	1,91	0,28	7,90	71,79	79	0,31	0,09	79	72,12	0,45	0,42	0,52	56,68
Limonén-3-oxo, epoxid	0	0	0	53,50	0	0	0,13	1,80	44,00	2,82	0	0	55,34	0	0	0,14	0,09	52,10	12,20
Limonén-3-oxo, észter	1,42	0	0	0,09	0,10	1,10	0	0	0,10	0,08	0,64	0	0	0,11	0,80	0	0	0,11	0,14
α -Terpinén-származék; alkohol	0,55	0,32	1,17	0,79	0,10	0,70	2,15	1,21	0,90	0,61	0,58	1	0,83	0,55	0,48	1,91	2,24	0,95	0,41
α -Terpinén-származék; éter	3,25	17,50	3,06	3,70	1,50	2,60	14,87	4,38	5,00	1,54	2,68	4,64	5,16	1,57	2,60	17,1	14,9	4,94	2,17
α -Terpinén-származék; észter	0,01	0,69	0	0,01	0	0	0,83	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,77	0,59	0,03	0
γ -Terpinén származék; fenol	0	34,50	1,8	1,04	0,10	0,60	33,99	5,74	2,00	0,22	0	1,50	1,060	0	0,19	32,6	21,10	1,300	0,51
γ -Terpinén származék; fenolészter	0	10,40	0	0	0	0,20	8,34	0,49	0	0	0	0	0	0	0	8,81	1,10	0	0
Szeszkviterpének összesen	14,60	14,20	13,89	33,80	15,00	12,00	12,98	16,34	31,00	18,39	11,50	14,80	27,93	14,20	16,51	15,90	19,50	33,40	23,26
Szénhidrogének	13,20	14,20	13,71	33,00	15,00	9,90	12,80	15,97	29,00	17,99	10,60	14,70	27,63	14,20	14,69	15,80	19,00	31,70	22,51
Oxigéntartalmúak	1,38	0,06	0,18	0,84	0,10	2,00	0,08	0,28	1,20	0,37	0,86	0,12	0,30	0	1,74	0,10	0,12	1,16	0,73
Fenoloid illatanyagok összesen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,12	0,18	0	0
Poliketid illatanyagok (zsíralkoholok, észterek) össz.	0,23	0,39	0,34	0,06	0,10	0,40	0,61	0,50	0,20	0,25	0,20	0,25	0,07	0	0,33	0,75	0,52	0	0,21

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném hálámat kifejezni konzulensemnek, Zámboriné Dr. Németh Évának, amiért hosszú éveken át mentorként segített: türelemmel, aprólékos figyelemmel és rendkívüli jóindulattal kísért, irányított és támogatott munkám minden pontján. Úgy szakmailag, mint emberileg új perspektívákat nyitott számomra, bevezetett egy tudományos közösségbe, új gondolkodásmóddal ismertetett meg. Mindig új és új lehetőségeket vetett fel, amiben ezt a munkát kiteljesíthetnénk. Tanácsai és példaértékű szintetikus látásmódja nélkül ez a dolgozat nem készülhetett volna el. Külön köszönet illeti a soroksári kísérleti ültetvény létesítéséért, gondozásáért és mintavételéért.

Köszönettel tartozom konzulensemnek, dr. Szalontai Helgának, a munka kezdetétől fogva nyújtott sokoldalú támogatásáért: a Bükk vadontermő populációiból való mintagyűjtést, a közös gyűjtőutakat, határozást, a Bükki Nemzeti Parkkal való kapcsolattartást, a jelen dolgozatnak is részét képező projekt feladatainak koordinálását, emellett a természetési kísérlet mindennapi munkáiban nyújtott segítségét és a dolgozathoz való hozzájárulását illetően. Külön szeretném megköszönni, amiért a kutatómunkám ügyét végig magáénak vallotta, mind szakmai, mind tágabban értelmezett kérdésekben is segítségemre sietett.

Külön köszönet illeti az EKKE KFK ÉBT-ben dolgozó analitikus kollégáimat, akik segítséget nyújtottak a laboratóriumi munkában: különösen Lovas Miklóst a kromatográfias módszerek fejlesztéséhez, és Szabó-Hudák Orsolyát a vadontermő minták kivonatolásához való, nélkülözhetetlen hozzájárulásáért. Továbbá köszönetemet fejezem ki Jánószky Mihálynak, Bogárdi Tóth Kittinek, Keresztes Gabriellának a munkához kapcsolódó mindennapi laboratóriumi feladataim ellátásában nyújtott segítségéért.

Köszönet illeti dr. Radácsi Pétert (MATE Gyógy-és Aromanövények Tanszék) a lómenta illóolajok lepárlásáért és GC-MS-vizsgálatáért.

Köszönettel tartozom az EKKE Növénytani és Növényélettani Tanszéke vezetőjének, Pénzesné dr. Kónya Erikának, és munkatársának, dr. Jana Táborskának a mintagyűjtésben és határozásban adott segítségéért, valamint azért, hogy rendelkezésünkre bocsátották az egri kísérleti ültetvény területét. Köszönetet mondok Dr. Vojtkó Andrásnak, a Bükk-hg. növényzete kitűnő ismerőjének, a határozásban, illetve egyes élőhelyek jellemzésében nyújtott értékes segítségéért.

Köszönöm dr. Csugány Juliannának (EKKE Gazdaságtudományi Intézet), hogy rendszeresen konzultált statisztikai kérdésekben, végig érdeklődő, segítőkész megközelítéssel.

A munka az *EFOP-3.6.1-16-2016-00001 Kutatási kapacitások és szolgáltatások komplex fejlesztése az Eszterházy Károly Egyetemen* project támogatásával készült.