



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

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

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

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

I. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉS

Előzmények

Az élelmiszeriparban az oxidatív romlás késleltetésére adalékanyagként tartósítószereket, antioxidánsokat alkalmaznak. Ezek segítségével az élelmiszerek eltarthatósága nő, beltartalmi értékeik hosszabb ideig megőrizhetők.

A növényi antioxidánsok iránt az 1990-es évek elejétől erős az érdeklődés. Egy gvajakonsav-izomereken alapuló növényi készítmény, az E314 és E214 számmal antioxidánsként és tartósítóként egyaránt regisztrált gvajakgyanta már régebben is használatban volt. Az újabb kutatások további növényi hatóanyagokat és növényi nyersanyagokat hoztak előtérbe. Egy, 1996-tól folytatott vizsgálat-és tárgyalássorozat után az Európai Unió 2010-ben fogadta el az E392 – Rozmaringkivonatok használatát (The European Parliament and Council, 2010). A rozmaring mellett más, rozmaringsavat és antioxidáns flavonoidokat tartalmazó fajok (közönséges szurokfű, orvosi zsálya) is fókuszba kerültek. Mentafajokra, mint ezek forrásaira mindeddig kevesebb figyelem irányult, noha ezek szintén termelik ezeket a hatóanyagokat. Mérték már jelentős *in vitro* antioxidáns aktivitást mentakivonatokon (Damien-Dorman et al. 2003), kisszámú kísérletben pedig egyes mentafajok (*M. arvensis*, *M. x spicata*) kivonatai tartósító hatásúnak bizonyultak (Bandhopadhyay et al. 2008).

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 és hatóanyag-összetételük előnyösebb, mint a már használatos fajké (Bacchetta et al. 2016). Termesztésbe vételüket indokolja, hogy Vadon termő növényből nem, vagy nehezen lehet évről évre állandó minőségű alapanyagot gyűjteni, termesztés során viszont ez megoldható a jó összetételt hordozó taxonok szaporításával.

A lómenta (*Mentha longifolia* (L.) L.), mint kevésbé tanulmányozott polifenol-forrás vizsgálatát és művelésbe vételét indokolhatja a növény hazai gyakorisága, ismert genetikai változatossága: ez kedvező polifenol-összetételű típusok kiválasztására ad lehetőséget. Hasznosításával az ipar számára az antioxidánsokat adó fajok választéka bővíülhet, igazodva az ilyen készítmények iránti növekvő igényhez. Másrészt, a növény illóolaj-összetétele a nemzetségén belül kiemelkedően változatos; így egyes kemotípusai ízesítő, antioxidáns (Mimica-Dukić et al. 1993) és/vagy mikrobiális romlást gátló (Mimica-Dukić et al. 1993) összetevőket tartalmaznak.

Célkitűzések

- 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 kapcsolatrendszeré* vonatkozásában.
- 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.

II. ANYAG ÉS MÓDSZER

A vadon termő lómenta-populációk mintavétele. A növények azonosítása

A faj harminchat populációját mintáztuk az észak-magyarországi régióban; két, egymást követő évben (2016. és 2017.), virágzáskor. A mintavétel véletlenszerűen kiválasztott hajtások levágását jelentette, 10 cm-es tarlóval. Egy minta 5-20 hajtásból állt. A mintavételi helyek az 1. táblázatban láthatók. A vadon termő minták azonosítása makromorfológiai alapon történt, a magyarországi edényes flóra határozója (Simon, 1994) használatával. Referencia minták az EKKE herbáriumának kemotaxonomiai gyűjteményében (EGR-CH) találhatóak.

1. táblázat A mintázott vadon termő lómenta-populációk.

Azonosító	Mintavételi hely	Koordináták
JOF	Jósvafő, Dózsa Gy.u.	É 48,483269; K 20,549968
BÜK	Bükkzentkereszt/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/Tebepusza	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	Tarnalelesz	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/Nagyrét	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	Bátónytereny-Dózsatelep, Szarisznyó-p.	É 47,952612; K 19,815339
HAS	Pásztó-Hasznos, Kővicses-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

A vadon termő lómenta-populációk mintáinak kémiai vizsgálatai

a) Kivonatolás

A betakarított hajtásokat 21 napig szárítottuk szobahőmérsékleten, a leveleket és a virágzatokat a szárról lefosztottuk, majd a drogot műanyagtasakban -18°C-on tároltuk a felhasználásig. A kivonatolást a 2016. évi mintagyűjtés anyagán négyféle módon végeztük el, tisztázandó, hogy antioxidáns kapacitás és összpolicifenol-tartalom szempontjából milyen módszer az optimális.

Az alkalmazott módszerek:

- Soxhlet-extrakció, 3 fokozat, metanollal (MeOH)
- Kivonatolás hűtött ($t < 30^{\circ}\text{C}$) ultrahangos (UH) fürdőben, 3 fokozat; 45 kHz, 1,5 h/fokozat; metanollal.
- Soxhlet-extrakció, 3 fokozat, víz:etanol 3:7 eleggyel (WA)
- Kivonatolás hűtött ($t < 30^{\circ}\text{C}$) ultrahangos fürdőben, 3 fokozat; 45 kHz, 1,5 h/fokozat; víz:etanol 3:7 eleggyel.

b) Összpolicifenol-tartalom és antioxidáns aktivitás vizsgálatai

Összpolicifenol-tartalom meghatározása Folin és Ciocalteu szerint

A mérést Waterhouse (2003) elemzésmenetét módosítva, 60 perc reakcióidővel végeztük. A spektrofotometriás kiértékelés 765 nm hullámhosszon, 0-250 mg/l vizes galluszsav standard-sor felvételével történt, mintánként két ismétlésben, az eredményeket mg galluszsav-egyenérték (GAE)/kg drog egységben megadva.

Gyökbe fogóképesség mérése DPPH-val

A lómentakivonatok EC_{50} koncentrációját határoztuk meg 0,1 mM DPPH-oldatra (96% etanolban), szobahőmérsékleten, 30 perc reakcióidőben. A fotometriás méréseket 517 nm-en, két ismétlésben végeztem, az eredményeket mg/l EC_{50} -ként megadva.

Redukálóképesség meghatározása FRAP módszerrel

A mérést Benzie és Strain közleménye (1996) alapján, módosításokkal végeztük. A kalibrációt vizes aszkorbinsav-oldatokkal (0-20 mg/l), a méréseket három ismétlésben végeztem el.

c) Egyes policifenol összetevők meghatározása a vadon termő növényekben

A növényi kivonatok policifenol összetételének meghatározása HPLC-DAD (Agilent 1200) készülékkel történt, apoláris oszlopon (ACE Excel C18, 250×4,6mm, 5 μ m), 'A' eluensként 5 V/V% ecetsavtartalmú vizet, míg 'B' eluensként acetonnitrilt alkalmazva. Az azonosítás alapja

sztenderdekből felvett retenciós idő, ill. UV-VIS színek alapján összeállított adatbázis. Az alkalmazott sztenderdek apigenin, apigetrin, cinarozid, diozmetin, diozmin, heszperetin, heszperidin, izokvercitrin, kávésav, klorogénsav, kvercetin, luteolin, naringenin, narirutin, rozmarinsav, rutin, vicenin-2 voltak. Ezt az adatbázist a későbbiekben kiegészítettük lonicerin és eriocitrin sztenderdjével.

Mivel az első módszerrel kapott kromatogramokban – valamennyi 2016-i mintában – két intenzív, egy sztenderddel sem egyező csúcs (Ismeretlen „A” és „B”) jelent meg, a mintasor 10 mintáján HPLC-DAD-MS (Shimadzu LCMS-2010EV) elemzést végeztünk.

A vizsgálat alapján, Ismeretlen „A” két flavonoid (lonicerin és eriocitrin) koelúciójából származott, amiket a továbbiakban (termesztett minták) szükséges volt szétválasztani és meghatározni. Ismeretlen „B” csúcsa egy, a jelen munka során meg nem határozott vegyülettől származik.

d) Statisztikai értékelés

A statisztikai értékelés a vadon termő mintáknál (2016. évi gyűjtés) a négy-négy kivonat antioxidáns mutatói szignifikáns különbségeinek vizsgálatát (a vizsgált adatsorok eloszlásának és szóráshomogenitásának természete szerint, Welch-, vagy páros t-próbát) és korrelációs számításokat jelentett. Ehhez SPSS 16.0 és MS Excel 2013 programokat használtam.

Egyes lómenta-állományok kísérleti termesztésbe vétele

A kísérleti termesztésbe veendő állományokat elsősorban a 2016. és 2017. évi antioxidánsaktivitás-adataik, ill. ezek változása alapján választottuk ki. A kiválasztott 5 populáció (Hór-völgy-1: HOR1, Hór-völgy-2: HOR2, Eger-3: EGR3, Szentdomonkos: DOM, Bátortereny-Kisbátöny: KBT) főbb földrajzi és élőhelyi adatait a 2. táblázat tartalmazza.

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

Azonosító	Élőhely			Rövid jellemzés
	Koordináták		h, m	
HOR1	É 48,029817	K 20,552683	239	Időszakosan kiszáradó mocsárrét. NP terület.
HOR2	É 47,996033	K 20,513726	233	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 = Bükki Nemzeti Park. h= tengerszint fölötti magasság.

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 öt populáció növényeit 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, illetve eseti jelleggel acetamipridos rovarirtást végeztünk.

Kísérleti ültetvény Soroksáron (SOR termőhely)

A szükséges szaporítóanyagot az öt, egri termőhelyen felszaporodott lómenta állományai adták. Ezekből 2019. áprilisában a MATE Kertészettudományi Intézet Kísérleti Üzeme és Tangazdaságában kb. 30-30 db, 20-30 cm magas gyökeres hajtást ültettek el. Az ültetvény elrendezése, ápolása és mintázása az egri parcellákéval azonos. Meteorológiai adatok – napi minimum, átlag-, maximum léghőmérséklet, csapadék – felvétele is folyt.

A kísérleti termesztésben levő lómenta mintázása

A két ültetvény reprezentatív mintázását a 2018-2020. (EGR), illetve a 2019-2020. (SOR) években, 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 kísérleti termesztésből eredő minták kémiai vizsgálatai

a) Kivonatolás

A betakarított hajtásokat 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.

b) Összpolifenol-tartalom és antioxidáns aktivitás vizsgálatai

Ezek a vizsgálatok a vadontermő mintáikkal megegyező módon történtek.

c) Egyes polifenol összetevők meghatározása a kísérleti termesztés mintáiban

A polifenol-összetétel meghatározása a vadontermő minták vizsgálatának c) pontjában leírt HPLC-DAD készülékkel történt, apoláros oszlopon (Poroshell EC-120 C18, 150×4,6 mm + 5 mm előtét, 2,7 µm). 'A' eluensként foszfátpuffert (pH 2,4), 'B' eluensként 70% gradient grade acetonitril:30% 'A' elegyét használtuk. Az azonosítás alapja itt is a sztenderdekből felvett retenciós idő ill. UV-VIS szinkép.

d) Illóolajtartalom és -összetétel vizsgálatai

A kísérleti termesztés virágzó mintáiból az antioxidáns tulajdonságok, polifenoltartalom és -összetétel mérésein túl, végeztünk illóolajtartalom-és összetétel-vizsgálatot is. Ezek a MATE Gyógy-és Aromanövény Tanszéken történtek. Az illóolaj kinyerése a Magyar Gyógyszerkönyv VII. kiadásának megfelelő Clevenger-apparátussal történt; a gravimetriás illóolajtartalom-meghatározás az egeri mintáknál három, a soroksári mintáknál két ismétlésben történt, egyenként 25-35 g drogból. Az illóolaj összetétel meghatározása GC-MS (Agilent GC 6890, 30 m×0,25 mm, 0,25 µm HP-5MS kapilláriskolonna, Agilent 5975 inert tömegdetektor (250 °C)) vizsgálatokkal, He vivógázzal (1 ml/min) történt. Az összetevők azonosításához nyilvános adatbázisokat (Adams, 2017; Steiner et al. 2011); n-alkán-keverékkel felvett lineáris retenciós indexeket (LRI) és saját sztenderdkönyvtárt használtunk. Az eredményeket area%-ban adjuk.

e) Statisztikai értékelés

A telepített állományok polifenolprofilja közötti szignifikáns eltérések feltárására Kruskal-Wallis-próbát, korrelációs számításokhoz Spearman-módszert alkalmaztam. Az antioxidánsokat szolgáltató nyersanyag betakarítására optimális fenofázist saját összeállítású, rangszámalapú számításban választottam ki. A számításba az összpolicenol-, antioxidánsaktivitás-adatokat és a rozmaringsav, eriocitrin, lonicerin koncentrációit vontam be.

Az illóolajtartalom adatsorai eltéréseinek szignifikáns voltát Wilcoxon-próbával vizsgáltuk. Az illóolajok kemotípusba sorolását Németh et al. (1993) alapján végeztem; eszerint a kemotípust azok a major összetevők határozzák meg, amelyek koncentrációviszonyai örökletesek. Ezt mutatja, ha egy vegyület kevésbé ingadozó koncentrációval van jelen. Az egyes vegyületek klónonkénti ingadozását a 2 termőhely×2 év mintáiban mért koncentrációjuk variációs együtthatója (CV) alapján ítélem meg. A vizsgálatokat SPSS 22 és MS Excel 2016 programokkal végeztem.

III. EREDMÉNYEK ÉS MEGBESZÉLÉSÜK

A vizsgált észak-magyarországi vadontermő lómenta-populációk kivonatolhatósága, antioxidáns tulajdonságai és fenoloid összetevői

Az alkalmazott kivonatolási módszerek közül - a nyert kivonatokból számítható összpolicifenol-tartalom és antioxidáns mutatók alapján - a leghatékonyabbnak a hidroalkoholos (etanol 7: víz 3) ultrahangos (UH) kezelés bizonyult, elterjedtsége ellenére leggyengébb teljesítményűnek pedig a MeOH-lal végzett Soxhlet-extrakció.

A hidroalkoholos UH kivonatokból számítható összpolicifenol-tartalom 23390-67910 mg GAE/kg drog, nem lépte át az irodalomból körvonalazható, kb. 10 000-90 000 mg GAE/kg drog intervallumot.

A gyökbefogóképességi vizsgálatoknál $EC_{50} < 350$ mg/l-t kizárólag hidroalkoholos kivonatokból kaptunk. A hidroalkoholos ultrahangos kivonatsorozatban EC_{50} 227-806 mg/l (BHT: 87,5 mg/l) tartomány volt meghatározható. Hasonló reakciókörülmények között végzett mérés irodalmi adatai (Damien-Dorman et al. 2003): 9 *Mentha* taxonnak 1-1 (forróvizes kivonat) mintájából szintén a BHT kontrollnál (EC_{50} ~85 mg/l) gyengébb gyökbefogóképességet, 150-350 mg/l EC_{50} -t mutatnak. A FRAP méréseink középerős redukálóképességet körvonalaznak, a 36 mintából négynél értünk el vagy hidroalkoholos UH, vagy hidroalkoholos Soxhlet-extrakcióval olyan aktivitást, ami a BHT értékét (12169 mg AAE/kg) minimum 10%-ra megközelíti, vagy pedig meghaladja. A hidroalkoholos UH kivonatok FRAP értéktartománya 5761-12453 mg AAE/kg. Mind az összpolicifenol-tartalom, mind a két antioxidánsaktivitás-mutató nagy szórást mutat a populációk közt: a kivonattípustól függetlenül, adatsoraikban $CV > 20\%$. Ez előrejelzi a policifenol-összetétel variabilitását a populációkban.

A 2016. évi gyűjtésből származó, 36 vizsgált populáció közül négy esetben mértünk nagy (58278-67910 mg GAE/kg drog) összpolicifenol-tartalmat és mindkét mutatója alapján erős antioxidáns aktivitást (EC_{50} 227-316 mg/l, FRAP 11115-12543 mg AAE/kg drog): DOM (Szentdomonkos, Heves-borsodi-dombság), HAS (Pásztó-Hasznos, Nyugati-Mátra) HOR2 (Tebepuszta, Bükk-hg.), MBA2 (Mátraballa-2. minta, Keleti-Mátra). A leggyengébb antioxidáns aktivitású pedig az EGR3 állomány (Eger).

A kivonatolhatóságra kapott eredmények alapján a 2017. évi vadon termő mintákat, illetve a kísérleti termesztés mintáinak antioxidáns tulajdonságait és fenoloid-összetételét már csak a hidroalkoholos UH kivonatokból vizsgáltuk.

A kísérleti termesztésbe veendő állományokat (HOR1, HOR2, EGR3, DOM, KBT) elsősorban a 2016. és 2017. évi antioxidánsaktivitás-adataik, ill. ezek változása alapján választottuk ki (3. táblázat).

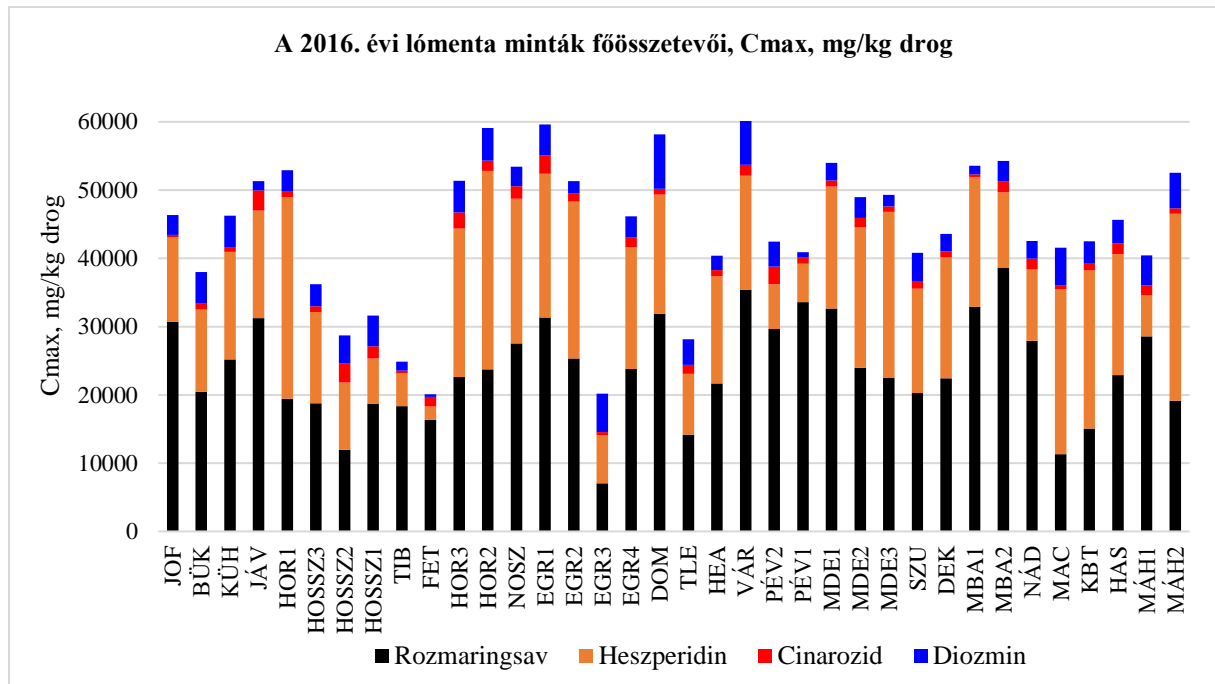
3. táblázat A kísérleti termesztésre kiválasztott populációk EC₅₀ adatai

Azonosító	Hidroalkoholos UH kivonat, EC ₅₀ mg/l		Jellemzés
	2016 (átlag)	2017 (átlag)	
<i>HOR1</i>	359	384	stabil, viszonylag erős antioxidáns aktivitás
<i>HOR2</i>	308	389	stabil, viszonylag erős antioxidáns aktivitás
<i>EGR3</i>	806	737	stabil, gyenge antioxidáns aktivitás
<i>SZD</i>	245	718	változékony antioxidáns aktivitás
<i>KBT</i>	438	429	stabil, közepes antioxidáns aktivitás

A vadontermő lómenta populációkban nem voltak földrajzi helyhez vagy élőhelyhez köthető, antioxidáns aktivitásukban a többi mintától elkülöníthető csoportok; a legerősebb antioxidáns aktivitással jellemezhető 4 állomány egymástól távol van és élőhelyi háttérük is más; ugyanez érvényes a gyenge aktivitású mintákra is.

A vadontermő állományok mintáiból négy fenoloidot azonosítottunk, ezek a rozmaringsav, cinarozid (luteolin-7-O-glükozid), heszperidin, diozmin. A négy komponens eltérő mértékben dúsult a különböző kivonattípusokban. A rozmaringsav és a cinarozid a víz-etanol eleggyel, a heszperidin, diozmin a metanollal készült kivonatokban volt jelen nagyobb koncentrációban (azon belül a heszperidin elsősorban a MeOH ultrahangos kivonatokban dúsult). A négy vegyület közül valamennyi kivonattípus esetén $0,3550 < R < 0,5555$, $p < 0,01$ szignifikáns korrelációk voltak megállapíthatók a rozmaringsav koncentrációja és az antioxidáns paraméterek között. A cinarozid jelenléte és az említett mutatók között a korrelációk a legtöbb esetben nem szignifikánsak; noha ez a vegyület irodalmi adatok (Burda és Oleszek, 2001), illetve a flavonoidokra ismert szerkezet-aktivitás összefüggések, valamint saját méréseink szerint is erős antioxidáns. A heszperidin és diozmin koncentrációja nem korrelált az antioxidáns mutatókkal. Az oldószerrel és részben módszerrel függő kivonási hatékonyság miatt a populációk közti variabilitás tárgyalásakor a mintánként négyféle kivonattól számítható koncentrációk maximumait (legnagyobb kivont koncentráció, C_{max}) vettem figyelembe. A négy vegyület C_{max} értékeit mutatja az 1. ábra. Ezek a populációk közötti heterogenitást mutatják az összetételben. A rozmaringsav koncentrációtartománya 7043 mg/kg drog (*EGR3*)-38667 mg/kg drog (*MBA2*); a cinarozidé 319 mg/kg drog (*JOF*)-2944 (*JÁV*); a heszperidiné 7056 mg/kg drog (*EGR3*)-29518 mg/kg drog (*HOR1*), a diozminé pedig 398 mg/kg drog (*FET*)-7987 mg/kg drog (*DOM*). Mind a négy komponens C_{max} értékeire CV>20%.

1. ábra. A négy azonosított fenoloid C_{max} értékei a 36 populáció mintáiban.



Az azonosított összetevők közül a két flavon egyik populáció mintájában sem domináns. A rozmaring sav és a heszperidin koncentrációviszonyait tekintve, a 36 vadon termő minta közül 20-nál a rozmaring sav az uralkodó összetevő, C_{max} -értéke 2-8-szor nagyobb, mint a heszperidiné. További nyolcnál a rozmaring sav kb. 1,25-1,5-szeres túlsúlyú. Két minta (HOR3 és EGR3) gyakorlatilag egyenlő C_{max} -t mutat a két komponensből; négynél pedig (HOR1, KBT, MAC és MÁH2) a heszperidin van 1,5-2-szeres túlsúlyban a rozmaring savhoz képest.

A telepített lómenta-állományok antioxidáns tulajdonságai

Valamennyi klónra jellemző, hogy a növények összpolicifol-tartalma és antioxidáns mutatói Egerbe telepítésük évében a teljes termesztési kísérlet során mért legkisebb értékek. A 2. évben az előbbi klónként eltérő mértékben, 1,9-3,5-szörösére növekszik. Az antioxidáns aktivitás is erősödik, EC_{50} 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 soroksári minták viszont már az első évben nagyobb összpolicifol- és antioxidánsaktivitás-értékekkel indulnak, s az évelő állományokban az eredmények kevésbé változnak, szűkebb intervallumban mozognak.

A HOR1 az öt klón közül a legalacsonyabb összpolicifol-értékű, gyökbefogóképessége nem kiemelkedő. HOR2 2019-2020-ban az öt közül a legmagasabb összpolicifol-tartalmú (esetenként az irodalmi értékeket meghaladó, 92 000, illetve 105 000 mg GAE/kg körüli értékkel) és a legjobb AO teljesítményű (tartósan mutat 220-350 mg/l EC_{50} -és 9000-15 000 mg AAE/kg FRAP-értékeket). Az EGR3 2019-2020-ban a második legmagasabb policifol-tartalmú (~50-83 000 mg GAE/kg), AO aktivitásában a harmadik legjobb klón. A vadontermő mintái két éven át a leggyengébbek, ehhez képest a termesztésben jelentősen javult. A DOM a második legmagasabb összpolicifol-tartalmú klón, az EGR3 klónhoz hasonlítható. Antioxidáns aktivitásában is másodikként, HOR2 és EGR3 közé lehet rangsorolni, mert 2019-2020-ban tartósan alacsony EC_{50} (243-395 mg/l) és viszonylag magas 7475-12204 mg AAE/kg) FRAP értékeket mutat. KBT policifol-tartalom és antioxidáns aktivitás szempontjából is közepes.

A növényekben az esetek többségében az összpolicifol-tartalom és az antioxidáns aktivitás éves maximuma a korai vegetatív hajtásból voltak mérhetőek mindkét termőhelyen.

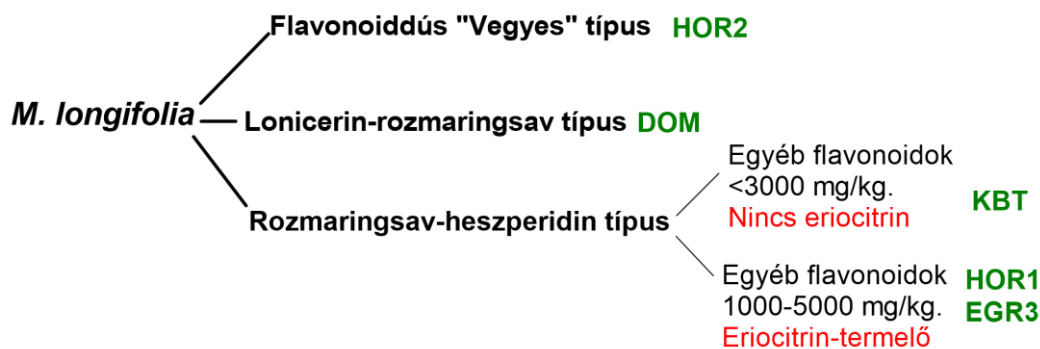
A telepített lómenta-állományok fenoloid-összetétele

A két termesztő terület mintáiban a vadon termő állományokhoz képest többféle fenoloidot tudunk azonosítani; ezek a rozmaringsav, eriocitrin és heszperidin (*flavanonok*); lonicerin, cinarozid és diozmin (*flavonok*). Az azonosított vegyületek koncentrációit vizsgálataink szerint a klón, a növény egyedfejlődése és egyes környezeti tényezők egyaránt befolyásolták.

a) Klóntól függő jellegzetességek a fenoloid-összetételben

A növények policifol-összetételében, különösen a flavonoidprofilban, évjáráttól és termőhelytől függetlenül fennálló, markáns eltéréseket tapasztaltunk a Kruskal-Wallis-próba eredményei alapján. Ezen jellemzők alapján meghatározhatóvá váltak a lómentának policifol-

alapú kemotaxonjai, lásd a 2. ábrát (noha a menta nemzetség fajaiban rendszerint illóolaj-összetétel alapján adnak meg kemotaxont).



2. ábra. A javasolt polifenol kemotaxonok és (zöld fonttal) az őket képviselő lómenta klónjaink.

A HOR1, EGR3 és KBT klón egyaránt rozmaringsavon és heszperidinen alapul. KBT-nek megkülönböztető jegye e csoporton belül, hogy igen flavonoidszegény, és (az öt klón közül egyedülként) nem halmoz föl eriocitrint.

A HOR2 a flavonoidokban leggazdagabb klón; „vegyes” típusként írható le. A 36 vadon termő populáció közül a legnagyobb heszperidintartalmat adta a 2016-os gyűjtésben; a termesztési kísérletben az öt klón közül szintén. Telepített állományai hidroalkoholos UH kivonatainak vizsgálatai alapján a növénynek meghatározó összetevője a lonicerin (30 000 mg/kg drog értékekig), és a rozmaringsav (10-27 000 mg/kg-ig). A telepítését követő 2. évében mindkét termőhelyen meghatározó összetevőjévé válik az eriocitrin is (Eger: 46 000, Soroksár: 27 000 mg/kg-ig). HOR2 példát ad arra, hogy az azonosított összetevők koncentrációviszonyai mellett azok éves mozgásai is lehetnek kemotaxonra jellemzőek; ugyanis 2019-2020-ban mindkét termőhelyen kettős éves maximum volt észlelhető a rozmaringsav-koncentrációjában ezzel eltért a többi klóntól, illetve egyes, rozmaringsav-termelésre specializált menta taxonoktól (Fletcher et al. 2010).

A DOM klón egy lonicerin-rozmaringsav alapú típusba sorolható, mindkét vegyületből 10-35 000 mg/kg közötti koncentrációtartománnyal. Flavongazdag voltára utal az is, hogy a 2016. évi gyűjtésben a legnagyobb koncentrációt mutatta diozminból (C_{max} 7987 mg/kg drog). A másik flavonoiddús típustól, a HOR2-től élesen megkülönbözteti, hogy flavanonokból kevesebbet termel. Így pl. a növény a telepítés utáni 2. évtől eriocitrint is felhalmozott, de ez egyik állományában sem vált meghatározó összetevővé.

b) A növény egyedfejlődésével összefüggő jellegzetességek

Egyes fenoloidok koncentrációjában fenofázishoz, valamint életkorhoz köthető mozgásokat észleltünk.

A rozmaringsav koncentrációja rendszerint a tavaszi vegetatív hajtásokban tetőzött (kivétel ez alól KBT soroksári állománya, ahol a zöldbimbós hajtás adta a maximumot), majd klóntól függő mintázat szerint csökkent.

Az eriocitrin koncentrációja kevésbé behatárolható mintázatú, de annyi megállapítható, hogy az intenzív növekedéssel járó időszakban (a tavaszi kihajtástól a virágzás idejéig) ér el maximumot, rendszerint zöldbimbós állapotban, majd a termésérlelő és újrasarjadzott hajtásban a koncentráció csökkent. Valamennyi, eriocitrin termelő klónra jellemző, hogy ezt az anyagot csak az ültetés utáni 2. évben kezdi felhalmozni, függetlenül a termőhelytől.

A lonicerin koncentrációja legtöbb esetben virágzáskor vagy bimbózáskor tetőzik, ritkábban a korai vegetatív hajtásokban ér el maximumot Termésérlelésnél azonban e flavon koncentrációja is visszaesik.

c) Egyes környezeti tényezőkhöz köthető koncentráció-mozgások

A rozmaringsav-heszperidin-alapú KBT, EGR3, HOR1 klónok nagy rozmaringsav-koncentrációkat, 42-56 000 mg/kg-ot mutattak Egerben, a 2019. évi tavaszi vegetatív hajtásokban. Soroksáron sem a 2019-es évben, sem a következőben – ami pedig az ottani állományok 2. éve – nem jelentkezik ilyen magas koncentráció. A nagy vagy kiugró RA-tartalmú 2019. évi L1 minták szedését megelőzően 1991 óta a leghidegebb és 1901-től a harmadik legcsapadékosabb május volt Magyarországon. Egerben ehhez kimutathatóan társult fényszegénység is. Az egri termőhely összes mintáját (75 db) vizsgálatba véve, a hőösszeggel találtunk korrelációt. Gyenge, de szignifikáns negatív kapcsolat volt kimutatható a rozmaringsav-tartalom és a mintavételt megelőző hét nap hőösszegével: $r_s = -0,298$, $p = 0,009$ (**). Ez arra utalhat, hogy az alacsony hőösszeg növelheti a rozmaringsav-termelést. Hasonló korreláció az azonosított flavonoidok koncentrációja és az időjárás paraméterei között nem volt kimutatható. Tapasztalatunk szerint viszont 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. Lonicerinből pedig HOR1, HOR2 és DOM is rendszerint Egerben termelt többet. A különbség mértéke klóntól függ (HOR2-nél pl. 1500-25 000 mg/kg drog). Viszont nem figyelhető meg ez a tendencia EGR3 és KBT klónokban.

A telepített lómenta-állományok illóolajtartalma, -összetétele és -kemo típusa

Az illóolajban leggazdagabb klón a KBT (1,78-2,08 ml/100 g drog) legszegényebb az EGR3 (0,87-1,25 ml/100 g drog). Az állományok illóolaj-tartalmában szignifikáns különbséget állapítottunk meg a 2019-es és a 2020-as évek adatai között (Wilcoxon-próbastatisztika értéke $Z = -2,497$ és $p=0,013$); a termőhelyi különbségek és a növények korkülönbsége ellenére. Feltételezhető, hogy a 2019-i V mintavétel előtti időszak meleg és napsütéses időjárása serkentette az illóolaj-termelést.

A faj polikemizmusa a mi vizsgálatainkon is markánsan megnyilvánult.

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 illóolajára, szűk koncentráció-határok közt. Variációs együtthatóik alapján a felsorolt vegyületek koncentrációja homogén (CV<20%) vagy igen homogén (<10%). Így a HOR1 faja eddig ismeretlen kemo típusát képviselheti. A fajból eddig négy adat van γ -terpinén-metabolitokban gazdag illóolajról (Mimica-Dukić et al. 1993, Szerbia; Hassanzadeh et al. 2011, Irán; Akşit et al. 2013, Töröko., Ćavar Zeljković et al. 2021, Csehország, a szaporítóanyag szlovákiai); de egy sem egyezik HOR1-gyel.

A **HOR2 klón** kemo típusba sorolása további vizsgálatokat igényel. Három mintája *cisz*-dihidrokarvon alapú (47,57–57,06%), de a *transz*-dihidrokarvon is fő összetevő (9,93–12,28%). 2020. évi soroksári mintájában viszont a limonén-2-oxo-származékok koncentrációja a korábbiaknak kb. az 1/5-1/6 részére csökkent. Helyettük a timol (19,79%) 1,8-cineol (14,93%), γ -terpinén (9,36%), *para*-cimol (7,22%) jelent meg fő összetevőként. A lómentán kívül eddig csak hibridjéből, a fodormentából találtam irodalmi adatokat γ -terpinén-, vagy cineol/ γ -terpinén-vagy cineol/ γ -terpinén/limonén-2-oxo vegyületek dominanciájára, esetleg ennek változásaira (Stoeva és Ilyev 1997; Kizil és Tonçer, 2006). A HOR2-éhez hasonló átrendeződésre azonban eddig egyik taxonból sincsen bizonyíték.

Az **EGR3 klón** stabilan, nagy koncentrációban tartalmaz *cisz*-piperiton-epoxidot (44,2-55,34%), továbbá az öt klón közül a leggazdagabb szeszkviterpénekben (össz. kb. 17-28%). Ezeket 4-5% 1,8-cineol kíséri. Így besorolható egy *cisz*-piperiton-epoxid/ β -kariofillén/germakrén D/1,8-cineol kemo típusba.

A **DOM klón** 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%).

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

IV. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A vadontermő lómenta-populációk fenoloid-összetétele

A 36 természetes populációból 2016-ban gyűjtött minták polifenol-összetétele és antioxidáns mutatói alapján nem voltak megfigyelhetők földrajzi vagy élőhelyi alapon elkülönülő csoportok, vonulatok. Egymáshoz közeli, de elkülönülő populációkból eredhet nagyon eltérő összetételű növényanyag úgy, hogy egyedeik külső morfológiai bélyegeiben nincs jelentős különbség (pl. EGR2-EGR3, MÁH1-MÁH2). Ennek alapján a vadontermő 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, és a termesztésbe vétellel a környezeti szennyezésből eredő károsanyag-akkumuláció elkerülhető.

Tapasztalataink emellett arra is felhívják a figyelmet, hogy a növény valódi kemizmusa csak több populáció azonos termőhelyen való felnevelése és analízise alapján lehet megítélhető.

A vizsgált extrakciós módszerek közül – a kivonatok antioxidáns tulajdonságait illetően – a hidroalkoholos ultrahangos módszert találtuk leghatékonyabbnak. E kezelés viszont tapasztalataink szerint nem vonta ki teljesen a heszperidint és diozmin a növényekből. Mivel a flavonoidok jelenlétének kapcsolata a mért *in vitro* AO tulajdonságokkal gyenge, nem szignifikáns, a lómenta, mint antioxidánsforrás szempontjából a két vegyület gyenge kihozatala valószínűleg nem okoz hátrányt.

A kísérleti termesztésbe vont lómenta-populációk fenoloid-összetétele

A vizsgált öt klón összpolicifenol-tartalom szerinti rangsora 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-anyagsereűt termékei voltak megtalálhatók:

a) eriocitrin keletkezése, ezt az öt közül négy klón mutatja, életkorától függően

b) a heszperetin-út, indikátora a heszperidin jelenléte

c) a luteolin-út, a lonicerin, cinarozid, diozmin jelenléte alapján

A rozmaringsavból és ugyanazon flavonoidokból felépülő kvalitatív profil ellenére az öt állomány polifenol-, különösen flavonoid-összetételében szignifikáns különbségek vannak, amiket helytől és évjárattól 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 rozmaringsav és a heszperidin határozza meg. Ezek voltak azok, amikből a kísérlet során a legnagyobb (42 000-56 000 mg/kg) rozmaringsav-tartalmú tételeket kaptuk. Bebizonyosodott azonban, hogy a nagy koncentráció nem minden esetben nyilvánul meg markánsan, a legkorábbi, vegetatív hajtás fázis után szintje ingadozik. If flavonoid composition is regarded, this rosmarinic acid/hesperidin chemotaxonomic group may be divided to two subgroups. HOR1 and EGR3 build one of these, as they produce all other identified flavonoids as hesperidin, but only in <5000 mg/kg dp amounts. KBT means the other subgroup as it does not accumulate eriocitrin and is poor in flavones (usually <3000 mg/kg).

A további két klón, HOR2 és DOM összetételét flavonoidok nagy koncentrációi jellemzik. HOR2 a 2016-i vadontermő mintagyűjteményből a második legnagyobb heszperidintartalmú tétel volt. HOR2-nek a kísérleti termesztésben meghatározó összetevője a lonicerin 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. HOR2-nek egy további unikális jellemzője, hogy rozmaringsav-tartalma-tartalma az éves maximum (rendszerint L1) után virágzáskor még egy (a koncentráció-idő görbén) lokális maximumot vesz fel. DOM a HOR2-höz hasonlóan lonicerin gazdag (30 000 mg/kg körüli csúcsértékekkel), halmoz föl eriocitrin is, de HOR2-nél sokkal kevesebbet (8-10 000 mg/kg-ig), és a heszperidin, a cinarozid is kevésbé meghatározó összetevője. Az egyes fenolos összetevők egyedi élettani szerepe a növényekben az irodalomból nem egyértelmű. Erre példa az eriocitrin felhalmozó klónok közös tulajdonsága, hogy ezt a vegyületet csak 2. évtől termelik nagy koncentrációban. Feltételezhetjük ebből, hogy az eriocitrin növényélettani funkciója eltér például az – 1. évtől folyamatosan keletkező – heszperidin szerepétől.

A vizsgálati eredmények alapján, ha fenoloiddús, nagy antioxidáns kapacitású drogot akarunk nyerni, a legkedvezőbb lehet, ha az ültetés utáni 2. évben, tavaszi vegetatív hajtásokat takarítunk be.

A kísérleti termesztésbe vont lómenta-populációk illóolaj-összetétele

A fajban tipikusak a limonén-3-oxo-keetonok vagy -epoxidok (de a mentol nem), illetve a limonén-2-oxo-anyagcsereút termékei; öt klónunk közül három (EGR3, DOM, KBT) ezt mutatja. A HOR1 klónból azonban egy eddig ismeretlen kemotípust tudtunk 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 rozmaringsav-heszperidin-típusú klónok, a HOR1, EGR3 és KBT illóolaj-összetételük alapján különbözőek (4. táblázat).

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

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

V. ÚJ TUDOMÁNYOS 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 longifoliaban* 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 rozmaringsavban is gazdag „vegyes típus”; egyet pedig (DOM) „lonicerin-rozmaringsav” típusnak írtunk le.
- 3) Az illó komponensek tekintetében a lómenta két új kemotípusát határoztuk meg: HOR1-ből elsőként detektáltunk a fajból karvakrol-acetátot, mint fő illóolaj-összetevőt, ami – fajra, sőt nemzetségre is atipikus módon – karvakrol, timol, 1,8-cineol nagy koncentrációival együtt van jelen. Ugyancsak új kemotípusnak tekinthető a kiemelkedő szeszkviterpén-tartalmat és magas cisz-piperiton-epoxid-arányt kombináló EGR3 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.

A TÉZISFÜZET ÖSSZEÁLLÍTÁSÁNÁL FELHASZNÁLT IRODALOM

- 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) 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>
- 3) BACCHETTA, L., VISIOLI, F., CAPPELLI, G., CARUSO, E., MARTIN, G., NÉMETH, É., BACCHETTA, G., BEDINI, G., WEZEL, A., van ASSSELDONK, 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>
- 4) 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>
- 5) 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>
- 6) 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>
- 7) ČAVAR ZELJKOVIĆ, S., ŠIŠKOVA, 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>
- 8) 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>
- 9) 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>
- 10) 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>
- 11) 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.
- 12) 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>
- 13) 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>
- 14) 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>
- 15) SIMON, T. (1994) A magyarországi edényes flóra határozója. Harasztok – virágos növények. The vascular plants of Hungary. Ferns – seed plants. (In Hungarian.) Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- 16) STEIN, S.; MIROKHIN, Y.; TCHEKHOVSKOI, D.; MAILLARD, G.; MIKAIYA, 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
- 17) STOEVA, T., ILIEV, L. (1997): Influence of some phenylurea cytokinins on spearmint essential oil composition. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 23 (3–4), 3-4.

- 18) THE EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL (2010): 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.
- 19) 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>
- 20) WATERHOUSE, A.L., (2003). Determination of total phenolics. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, I1.1.1–I1.1.8
<https://doi.org/10.1002/0471142913.fai0101s06>

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Impact factoros folyóiratcikkek

- 1) Patonay, K; Korózs, M; Murányi, Z; Pézsesné 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, pp. 208-217. <http://doi.org/10.3906/tar-1701-61>
- 2) Patonay, K; Szalontai, H; Csugány, J; Szabó-Hudák, O; Pézsesné Kónya, E; Zámборинé 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 15 p. 100220 Paper: 100220 (2019) <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2019.100220>
- 3) Patonay, K; Zámборинé Németh, 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, pp. 631–652. <https://doi.org/10.1007/s11101-020-09718-0>
- 4) Patonay, K; Szalontai, H; Radácsi, P., Zámборинé Németh, É (2021): Chemotypes and their stability in *Mentha longifolia* (L.) L.—A Comprehensive study of five accessions. PLANTS 2021, 10, p. 2478. 20 pages <https://doi.org/10.3390/plants10112478>

Nem impact factoros folyóiratcikkek

- 1) Patonay, K; Szabó-Hudák, O; Szalontai, H; Jánószky, M; Pézsesné Kónya, E; Zámборинé Németh, É (2020) Extraction and identification of major polyphenol constituents of Northern Hungarian horsemint (*Mentha longifolia* L. (L.)). ACTA BIOLOGICA PLANTARUM AGRIENSIS, 8. pp. 53-68. <https://doi.org/10.21406/abpa.2020.8.1.53>

Konferencia-kiadványok, magyar nyelvű, összefoglaló (abstract):

- 1) Patonay, K; Szabó-Hudák, O; Szalontai, H; Pézsesné Kónya E; Zámборинé Németh, É (2018) Lómenta (*Mentha longifolia* (L.) L) mint lehetséges antioxidáns-forrás

felmérése észak-magyarországi mintákon In: Kiss, Tivadar; Rédei, Dóra; Csupor, Dezső (szerk.) XV. Magyar Gyógynövény Konferencia, Szeged: Magyar Gyógyszerésztudományi Társaság Gyógynövény Szakosztálya, (2018) pp. 30-31

Konferencia-kiadványok, nemzetközi, összefoglaló (abstract):

- 1) Patonay, K; Korózs, M; Szabó-Hudák, O; Péntzesné, Kónya E (2017) Polyphenols in Northern *Hungarian Mentha longifolia* (L.) L. herbs treated with ultrasonic extraction In: Livia, Simon Sarkadi (szerk.) XIXth EuroFoodChem Conference Budapest: Hungarian Chemical Society, p. 130
- 2) Patonay, K; Szabó-Hudák, O; Szalontai, H; Péntzesné Kónya E; Zámboriné Németh, É (2018) Northern Hungarian horsemint (*Mentha longifolia* (L.) L.) as a potential source of antioxidants In: Hungarian, Chemical Society (szerk.) II. Young Researchers' International Conference on Chemistry and Chemical Engineering: Program and Book of Abstracts. Budapest: Hungarian Chemical Society, p. 45
- 3) Patonay, K; Szabó-Hudák, O; Szalontai, H; Péntzesné Kónya E; Zámboriné Németh, É (2018) Extractability of Northern Hungarian *Mentha longifolia* (L.) L. as a potential source of antioxidants In: [s.n.] 12th World Congress on Polyphenols Applications Bonn, Németország: International Society of Antioxidants, (2018) Paper: PK
- 4) Patonay, K; Helga, Szalontai, H; Jánószky, M; Miklós, Lovas, M; Péntzesné Kónya, E; Zámboriné Németh, É (2019) Main phenolic constituents of *Mentha longifolia* (L.) L. samples from Northern Hungary – extractability, variability and contribution to some in vitro antioxidant properties of the plant. In: Judit, Hohmann; Tivadar, Kiss; Dezső, Csupor (szerk.) Trends in Natural Product Research PSE Young Scientists' Meeting on Biochemistry, Molecular Aspects and Pharmacology of Bioactive Natural Products: Book of abstracts Phytochemical Society of Europe, University of Szeged p. 62 Paper: SL15
- 5) Patonay, K; Szabó-Hudák, O; Bóka, B; Szalontai, H; Erika, Péntzesné Kónya E; Zámboriné Németh, É (2019) Extractability of Northern Hungarian Horsemint (*Mentha longifolia* (L.) L.) as a potential source of preservative of antioxidants. In: Euroanalysis 2019 Abstracts and Proceedings. Turkish Chemical Society, EuChemS Division of Analytical Chemistry p. 266 Paper: [Abstract:0505] P1-084