



SZENT ISTVÁN EGYETEM

**KERTI BAZSALIKOM (*OCIMUM BASILICUM* L.)
TAXONOK BIOLÓGIAILAG AKTÍV ANYAGAINAK
ÖSSZEHASONLÍTÓ ÉRTÉKELÉSE**

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

BERNHARDT BOTOND

BUDAPEST

2016

A doktori iskola

megnevezése:	Kertészettudományi Doktori Iskola
tudományága:	Növénytermesztési és kertészeti tudományok
vezetője:	Zámboriné Dr. Németh Éva egyetemi tanár, DSc Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Gyógy és Aromanövények Tanszék
Témavezetők:	Dr. Szabó Krisztina egyetemi docens, PhD Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Gyógy- és Aromanövények Tanszék Dr. Bernáth Jenő egyetemi tanár, DSc Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Gyógy- és Aromanövények Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezetők jóváhagyása

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, A KITŰZÖTT CÉLOK

A kerti bazsalikom (*Ocimum basilicum* L.) nem csupán évezredek óta kedvelt fűszer- és aromanövény, de az ókortól máig a népi és természetgyógyászat is elterjedten használja az étvágyerjesztéstől a gyulladásgátláson át a rovarok távoltartásáig.

Az ezredforduló óta végzett élettani vizsgálatok – e megfigyeléseket alátámasztva – a növény széleskörű terápiás hatékonyságát jelzik: fájdalomcsillapítás, gyulladás-, koleszterin- és vércukorszint csökkentés, antivirális, antifungális, májvédő, rákellenes, emésztést elősegítő hatás. E kezdeti adatok sokrétűsége arra mindenképpen felhívja a figyelmet, hogy jelenleg a hatóanyagok és a hatásmechanizmus tisztázásának még a kezdetén tartunk.

A kerti bazsalikom hatóanyagainak ugyancsak mintegy két évtizede folyó vizsgálatai a növényben többféle antioxidáns vegyületet (flavonoidok, fenolsavak, C-vitamin) mutattak ki. Feltűnő, hogy a különböző publikációkban mért mennyiségek erősen szórnak, legyen szó akár az illóolajról, a flavonoidokról vagy az aszkorbinsavról. Ennek éppúgy lehet az oka a faj megfigyelt nagyfokú variabilitása, mint a vizsgálati anyagok eltérő termesztési helye vagy a kutatási metodika különbözősége. A heterogenitások kiküszöbölését a különböző taxonokon, de azonos termőhelyen, megegyező kutatási metodikával végzett kísérletek és multikritériumos komplex értékelésük hozhatja meg.

Doktori munkám céljával a megelőző tanszéki kutatások szerves folytatásaként a Budapesti Corvinus Egyetem Gyógy- és Aromanövények Tanszék génbankjában őrzött kerti bazsalikom taxonok antioxidáns vegyületeinek összehasonlító vizsgálatát tűztem ki.

A kísérletek gyakorlati célja a vizsgálatba vont tételek teljesítménymutatóinak megismerése volt hazai környezeti feltételek mellett. Ennek eredményei képezhetik a további nemesítés alapját.

A kutatás a taxonok általános jellemzését, bioaktív anyagaik korrelációját, fenofázisok összehasonlítását és multikritériumos komplex értékelését foglalta magában az alábbi tematika szerint:

1. A vizsgálatba vont taxonok **általános jellemzése**:
 - illóolaj-tartalom és -összetétel,
 - antioxidáns kapacitás (FRAP, DPPH),
 - összes polifenol-tartalom (TPC),
 - összes flavonoid-tartalom (TFC),
 - jellemző flavonoid-aglikonok (szalvigenin-, nevadenzin-tartalom),
 - C-vitamin-tartalom alapján.
2. A vizsgálatba vont taxonok **antioxidáns hatású bioaktív anyagainak összefüggés vizsgálata**:
 - illóolaj-tartalom,
 - antioxidáns kapacitás,
 - összes polifenol-tartalom,
 - összes flavonoid-tartalom,
 - jellemző flavonoid-aglikonok (szalvigenin-, nevadenzin-tartalom),
 - C-vitamin-tartalom alapján.
3. A vizsgálatba vont taxonok **fenofázisainak összehasonlítása**:
 - illóolaj-tartalom és -összetétel,
 - antioxidáns kapacitás,
 - összes polifenol-tartalom,
 - összes flavonoid-tartalom,
 - jellemző flavonoid-aglikonok (szalvigenin-, nevadenzin-tartalom),
 - C-vitamin-tartalom alapján.

4. A vizsgálatba vont taxonok teljesítményjellemzőinek több szempontot egyszerre figyelembe vevő, **multikritérimos komplex értékelése**.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A kísérletekben vizsgált növényanyag

A vizsgálat tárgyát képező 8 kerti bazsalikom taxon – 'A-1', 'Arvada', 'Dark Opal', 'Genovese', 'Lengyel', 'Mittelgroßblättriger Grünes' (továbbiakban 'M. Grünes'), 'Piros', 'Rit-Sat' – termesztését 2012 és 2013 folyamán az egyetem soroksári kísérleti telepén végeztem.

2.2. A kísérletekben vizsgált növényanyag előállítása

2012-ben a vizsgált taxonok maganyagát szaporítóládákba vettem, üvegházban neveltem. A tűzdelőtálcába való tűzdelésre 1-2 lombleveles állapotban került sor. A palántákat május utolsó dekádjában, egy hétig tartó edzés után ültettem ki szabadföldre 50 x 30 cm térállással, tételenként 60-60 növényt. A betakarításig öntözéssel biztosítottam az állomány megfelelő vízellátottságát, továbbá mechanikai gyomirtást végeztem. Az értékeléshez taxononként 30-30 egyedet használtam. Valamennyi taxont egységesen, teljes virágzásuk időpontjában takarítottam be.

A friss növényi anyagot természetes úton szárítottam, napfénytől védett, zárt helyiségben, szárítókereteket használva. A laboratóriumi vizsgálatokhoz a szárrészt eltávolítottam. A mérésekhez 2012-ben csak a lefosztott leveleket használtam fel.

2013-ban a növényeket az előző évben alkalmazott módszerek szerint neveltem, azonban 120-120 palántát ültettem ki, mivel a betakarítás három különböző (virágzás kezdete, teljes virágzás, elnyílt stádium) fenofázisban történt, taxononként 30-30 egyeddel.

A növények szárítása megegyezett az előző évi módszerrel. A laboratóriumi vizsgálatokhoz a szárrészt itt is eltávolítottam. A mérésekhez - a korábbi évvel ellentétben - a lefosztott leveleket és virágokat együttesen használtam fel. Ez alól csak a Semmelweis Egyetemen végzett mérések (DPPH, C-vitamin-tartalom) voltak kivételek, ahol mindkét évben kizárólag a lefosztott leveleket használtam fel.

A beltartalmi vizsgálatok mindkét évben tömegmintából történtek.

2.3. Laboratóriumi vizsgálatok

2.3.1. Illóolaj-tartalom meghatározása

Az illóolaj kinyerése 20 g szárított növényi részből (30 növény/tétel) történt a VII. Magyar Gyógyszerkönyv (*Pharmacopoea Hungarica*, 1986) által előírt módon. Minden tétel esetében 3 ismétlést alkalmaztam. Az illóolaj-tartalmat ml/100g sz. a.-ra vonatkoztatva fejeztem ki.

2.3.2. Illóolaj-összetétel meghatározása

Az illóolaj minták összetételének meghatározása GC-MS-módszerrel történt tömegspektrum alapján, spektrumkönyvtárak (NIST, Wiley és saját illóolajos könyvtár), illetve a lineáris retenciós indexek segítségével (Van den Dool és Kratz, 1963).

2.3.3. Összes antioxidáns kapacitás mérése FRAP-módszerrel

Az összes antioxidáns kapacitás meghatározása Benzie és Strain (1996) módosított módszere alapján történt szárított növényi részből. A lilás elszíneződést spektrofotométerrel detektáltam $\lambda=593$ nm-en. A méréseket mindkét évben 5 ismétlésben végeztem. Az eredményeket mg ASE/g sz. a.-ban fejeztem ki.

2.3.4. DPPH gyök megkötésén alapuló antioxidáns kapacitás meghatározása

Az antioxidáns kapacitás értékeléséhez a klasszikus DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil)-módszert alkalmaztam (Lugasi és Blázsovcics, 2004). A H-donor aktivitást 150 mg értékben adtam meg (50 %-os gátlás), ami azt jelzi, hogy milyen mennyiségű minta okozott volna a szabad gyök komplexekben 50 %-os színredukciót standard körülmények között. A sötétlila szín redukcióját spektrofotométerrel mértem. A mérések 2012-ben 3, 2013-ban 5 ismétlésben történtek.

2.3.5. Összes polifenol-tartalom meghatározása

Az összes polifenol-tartalom meghatározásához Singleton és Rossi (1965) módosított módszerét alkalmaztam. A reakciót jelző kék szín színintenzitását spektrofotométerrel mértem $\lambda=760$ nm-en. Az eredményeket mg GSE/g sz. a.-ban adtam meg. A vizsgálatokhoz mindkét évben 5 ismétlést alkalmaztam.

2.3.6. Összes flavonoid-tartalom meghatározása

A flavonoid-tartalom meghatározásához – a bazsalikom flavonoid-tartalmára vonatkozó leirat hiányában – a VIII. Magyar Gyógyszerkönyvben (*Pharmacopoea Hungarica*, 2003) szereplő mezei zsurló meddő hajtására vonatkozó, izokvercitrózidban kifejezett összes flavonoid-tartalom vizsgálatot végeztem el.

A flavonoid-tartalmat spektrofotometriásan (425 nm-en) mértem és százalékos értékben fejeztem ki. A méréseket 3 ismétlésben végeztem a 2013-as év folyamán.

2.3.7. Szalvigenin és nevadenzin-tartalom meghatározása

A szalvigenin és nevadenzin minták előkészítése és az elúciós program Grayer és mtsai. (2004) módszere alapján történt. 200 g szárított, őrölt növényi anyagot használtam a kísérletben. A komponensek azonosítása a retenciós időn és a spektrális adatokon alapult, melyeket hiteles standardokkal vettem össze. A minták mennyiségi meghatározása a kalibrációs görbék segítségével történt. A vizsgálatot 2013-ban 3 ismétlésben végeztem.

2.3.8. C-vitamin-tartalom meghatározása

A szárított minták C-vitamin-tartalmát tradicionális spektrofotometriás módszerrel határoztam meg módosított Spanyol-módszer segítségével (Gilingerné és Varga, 2005). A reakció során létrejövő vörös színű komplex mennyisége egyenesen arányos a C-vitamin-tartalommal, így a kapott értékeket mg/100g sz. a.-tartalomban definiáltam. A kísérletet 3 ismétlésben végeztem mindkét évben.

2.4. A vizsgálati eredmények értékelése

2.4.1. A vizsgált taxonok teljesítménymutatóinak komplex összevetése

A vizsgált taxonok összevetése az *SRD*-módszer (*Sum of Ranking Difference* – rangszám-különbségek összege) segítségével történt, mely adott területen és adott környezeti feltételek között a legjobban teljesítő taxont tudja kiválasztani.

Ez a módszer különböző tulajdonságok eltérő dimenziójú értékeit egy skálára vetíti, így ezzel komparábilissá teszi őket. Esetünkben ez azt jelenti, hogy a mért beltartalmi paramétereket (% , mg/100g, stb.) transzformálva felállítható a vizsgált taxonok valamennyi szempontot (azaz tulajdonságot) figyelembe vevő rangsora.

Az *SRD*-módszer első lépésben az egyes tulajdonságok vizsgálati eredményeit táblázatban összegezve a legjobb adatokból referencia oszlopot

képez. Ezután ennek az elméleti taxonnak optimális értékeit hasonlítja össze az egyes taxonok értékeivel. Így rangsor differenciákat állít fel minden tulajdonság esetében (adott taxon adott tulajdonságának rangsorkülönbsége), utána ezek abszolút értékeit összegzi (taxononkénti *SRD*-érték). Ez az érték megadja, hogy összességében mennyire tér el az adott taxon a legjobb taxontól (zérus pont), így egyértelmű rangsort lehet felállítani a zérus ponttól való távolság alapján.

Az eredeti adatokon futtatott *SRD*-elemzés eredményeként taxononként egy *SRD*-értéket kapunk. Ahhoz, hogy az *SRD*-értékek bizonytalanságát (*SRD*-értékek szórása) jellemezni lehessen, úgy egy elem kihagyásos keresztvalidációt (Leave-One-Out Cross-Validation – *LOO*) képezzük. Az így létrejött *LOO SRD*-értékeket újra alá kell vetni az *SRD*-elemzésnek, hogy az *SRD*-értékek bizonytalanságát is figyelembe lehessen venni.

Egy génbanki taxon rangsorban elfoglalt valódi helye egyértelműen csak statisztikai próbák segítségével határozható meg, ezért a *LOO SRD*norm-értékek rangsoron belül páronkénti összehasonlítását Wilcoxon Matched Pairs Test és Sign-teszt alkalmazásával végeztem el. Az *SRD*-értékek jellemzően nem követik a normál eloszlást.

2.4.2. Statisztikai kiértékelés

A kísérlet során kapott végeredményeket a Microsoft Office Excel 2007-es programmal dolgoztam fel. A statisztikai kiértékeléshez az SPSS 22.0. programcsomagot használtam. Az adatok kiértékeléséhez 95 %-os megbízhatósági szintet választottam ($p \leq 0,05$). Feltételvizsgálatkor az adatok normalitását és szóráshomogenitását vizsgáltam. A szóráshomogenitás vizsgálatához a Levenne-tesztet, míg a normalitás vizsgálatához a Shapiro-Wilk-tesztet használtam. Az eredmények összevetése során – normalitás és szóráshomogenitás vizsgálatot követően – egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) használtam. Szóráshomogenitás esetén – a kezelések páronkénti összehasonlításánál – Tukey HSD post hoc-tesztet futtattam,

szórásinhomogenitás esetén pedig Games-Howell-tesztet. Az ábrákon az eltérő betűk szignifikánsan eltérő átlagot jelölnek.

Az antioxidáns- és szabadgyökfogó-kapacitást jellemző módszerek (FRAP, DPPH), továbbá bizonyos antioxidáns hatással rendelkező vegyületek/vegyületcsoportok (C-vitamin, összes polifenol és összes flavonoid, szalvigenin, nevadenzin, illóolaj) közötti összefüggés-jellemzés a Pearson-féle korrelációs együttható értékkel történt.

A vizsgált taxonok teljesítménymutatóinak több szempontot egyszerre figyelembe vevő komplex statisztikai kiértékeléséhez az *SRD* szoftvert és a Statistica 12.0 programcsomagot használtam.

3. EREDMÉNYEK

3.1. A laboratóriumi vizsgálatok eredményei

3.1.1. Illóolaj-tartalom

2012-ben jelentős különbséget tapasztaltam (taxon: $F(7;16)=14,962$; $p \leq 0,001$) a taxonok között a teljes virágzás során. A legnagyobb illóolaj-tartalmúnak az 'M. Grünes' ($0,59 \pm 0,05$ ml/100g) és a 'Lengyel' ($0,52 \pm 0,05$ ml/100g) bizonyult, a legkevesebb illóolajat a 'Rit-Sat' ($0,29 \pm 0,04$ ml/100g), a 'Piros' ($0,32 \pm 0,04$ ml/100g) és a 'Genovese' ($0,32 \pm 0,04$ ml/100g) taxon halmozta fel.

A 2013. évi kísérletek során a vizsgált taxonok és a három fenofázis (virágzás kezdete, teljes virágzás, elnyílt stádium) között is szignifikáns eltérés volt kimutatható (taxon: $F(7;48)=151,024$; $p \leq 0,001$) (fenofázis: $F(2;48)=657,844$; $p \leq 0,001$).

A virágzás kezdetén a legnagyobb illóolaj hozam a 'Dark Opal' ($1,46 \pm 0,00$ ml/100g), míg a legalacsonyabb a 'Piros' taxonhoz ($0,74 \pm 0,06$ ml/100g) tartozott.

A teljes virágzásban a legnagyobb illóolaj-tartalommal a 'Lengyel' (1,38±0,06ml/100g), a 'Dark Opal' (1,33±0,08 ml/100g) és az 'M. Grünes' (1,31±0,08 ml/100g), a legkisebbel pedig a 'Genovese' taxon (0,65±0,00 ml/100g) szerepelt.

Az elnyílt stádiumban a virágzás kezdetéhez hasonlóan ismét a 'Dark Opal' (0,92±0,05 ml/100g) rendelkezett a legmagasabb illóolaj-tartalommal és a 'Piros' taxon (0,19±0,08 ml/100g) a legalacsonyabbal.

3.1.2. Illóolaj-összetétel

Az illóolaj-összetétel alapján a 8 vizsgált taxon két kemotípusba – linaloolos, illetőleg linalool-metil-kavikolos – sorolható be. A 2012. évi mérések szerint az első csoportba az 'Arvada', 'Dark Opal', 'Genovese', 'Lengyel' és 'Rit-Sat', a másodikba az 'A-1', 'M. Grünes' és 'Piros' taxonok tartoznak. A 2013-ban végzett vizsgálatok megerősítették ezt a besorolást.

3.1.3. Összes antioxidáns kapacitás (FRAP)

2012-ben a teljes virágzás stádiumában végzett vizsgálatok során a taxonok között szignifikáns különbséget tapasztaltam (taxon: $F(7;28)=52,161$; $p\leq 0,001$). A legnagyobb antioxidáns kapacitással a 'Rit-Sat' (131,90±2,15 mg/ASE/g sz. a.) és a 'Dark Opal' (129,38±5,77 mg/ASE/g sz. a.), a legkisebbel pedig az 'Arvada' taxon (56,56±13,46 mg/ASE/g sz. a.) rendelkezett.

2013-ban mind a taxonok mind a különböző fenofázisok ((a) virágzás kezdete, (b) teljes virágzás, (c) elnyílt stádium) között szignifikáns különbség volt megfigyelhető (taxon: $F(7;92)=134,230$; $p\leq 0,001$) (fenofázis: $F(2;92)=4824,545$; $p\leq 0,001$).

A virágzás kezdetén a legnagyobb antioxidáns kapacitást a 'Rit-Sat' (192,93±13,98 mg/ASE/g sz. a.) és az 'M. Grünes' (180,18±13,69 mg/ASE/g sz. a.) produkálta, a legkisebbet a 'Piros' taxon (67,94±8,00 mg/ASE/g sz. a.).

Teljes virágzásban a legnagyobb antioxidáns kapacitás a 'Rit-Sat' (412,56±23,73 mg/ASE/g sz. a.), a legkisebb FRAP-érték pedig az azonos csoportba tartozó 'Arvada' (164,18±8,84 mg/ASE/g sz. a.) és 'A-1' taxonhoz (181,32±10,86 mg/ASE/g sz. a.) volt köthető.

Az elnyílt stádium során a legnagyobb antioxidáns kapacitást a 'Lengyel' (718,43±19,60 mg/ASE/g sz. a.) és 'Rit-Sat' (692,81±22,22 mg/ASE/g sz. a.) mutatták, a legkisebbet pedig a 'Dark Opal' taxon (442,12±11,49 mg/ASE/g sz. a.).

3.1.4. DPPH gyök megkötésén alapuló antioxidáns kapacitás

Kutatásaim eredményeként mind az évjáráthatás tekintetében, mind a vizsgált taxonok között szignifikáns különbség volt kimutatható (év: $F(1;46)=132,972$; $p\leq 0,001$) (taxon: $F(7;46)=4,550$; $p\leq 0,001$). Ezenkívül a taxon és az év interakciója is szignifikáns különbséget mutatott (taxon*év: $F(7;46)=5,550$; $p\leq 0,001$).

2012-ben a legnagyobb antioxidáns kapacitásúnak a 'Lengyel' (1,05±0,07 mg) és a 'Genovese' (1,15±0,04 mg), a legkisebbnek pedig a 'Rit-Sat' taxon (1,33±0,11 mg) bizonyult. 2013-ban az antioxidáns kapacitás maximális értékét a 'Genovese' (1,28±0,06 mg), minimumát a 'Piros' taxon (1,39±0,06 mg) mutatta.

3.1.5. Összes polifenol-tartalom

A 2012-es év során a taxonok között szignifikáns különbség volt detektálható (taxon: $F(7;29)=107,235$; $p\leq 0,001$). Legnagyobb összes polifenol-tartalommal az 'M. Grünes' taxon (123,77±3,15 mg/GSE/g sz. a.) bírt, a legkisebbel pedig az 'Arvada' taxon (53,61±4,68 mg/GSE/g sz. a.). A 'Genovese' (113,01±4,30 mg/GSE/g sz. a.), a 'Piros' (120,81±3,30 mg/GSE/g sz. a.) és a 'Rit-Sat' taxon (119,83±9,02 mg/GSE/g sz. a.) nem különbözött szignifikánsan az 'M. Grünes' taxontól.

2013-ban a taxonok és a különböző fenofázisok ((a) virágzás kezdete, (b) teljes virágzás, (c) elnyílt stádium) között szignifikáns különbség jelentkezett (taxon: $F(7;80)=4875,886$; $p\leq 0,001$) (fenofázis: $F(2;80)=46366,391$; $p\leq 0,001$).

Virágzás kezdetén a legnagyobb összes polifenol-tartalmat a 'Dark Opal' esetén ($119,05\pm 4,83$ mg/GSE/g sz. a.) mértem, míg a legkisebbet az egymástól jelentősen nem különböző 'Arvada' ($12,23\pm 1,88$ mg/GSE/g sz. a.) és 'A-1' taxonokban ($14,16\pm 1,96$ mg/GSE/g sz. a.).

A legnagyobb összes polifenol-tartalmat teljes virágzásban a 'Dark Opal' ($121,23\pm 2,85$ mg/GSE/g sz. a.), a legkisebbet a 'Piros' taxon ($33,25\pm 1,46$ mg/GSE/g sz. a.) szolgáltatta.

Az elnyílt stádiumban a legmagasabb összes polifenol-tartalma az 'M. Grünes' ($477,33\pm 2,25$ mg/GSE/g sz. a.) és a 'Rit-Sat' ($465,80\pm 2,74$ mg/GSE/g sz. a.) taxonoknak, ezzel ellentétben a legalacsonyabb az 'A-1' taxonnak ($40,38\pm 5,25$ mg/GSE/g sz. a.) volt.

3.1.6. Összes flavonoid-tartalom

2013-ban a kísérletet kiegészítettem az összes flavonoid-tartalom %-os meghatározásával, valamint meghatároztam a szalvigenin és nevadenzin flavonoid-aglikonok mennyiségi felhalmozódását.

2013-ban mind a taxonok, mind a különböző fenofázisok ((a) virágzás kezdete, (b) teljes virágzás, (c) elnyílt stádium) között szignifikáns különbség volt megfigyelhető (taxon: $F(7;24)=51,232$; $p\leq 0,001$) (fenofázis: $F(2;24)=73,695$; $p\leq 0,001$).

A virágzás kezdete során a legnagyobb összes flavonoid-tartalom a 'Lengyel' ($2,00\pm 0,26$ %) és az 'M. Grünes' taxonhoz ($1,98\pm 0,24$ %) tartozott, míg a legkisebb a 'Dark Opal' taxonhoz ($0,05\pm 0,02$ %).

Teljes virágzásban a legmagasabb összes flavonoid-tartalom az 'A-1' taxonhoz ($2,93\pm 0,32$ %) volt párosítható. Az 'Arvada' ($2,04\pm 0,15$ %), 'Lengyel' ($2,56\pm 0,23$ %), 'Rit-Sat' ($1,88\pm 0,03$ %) és az 'M. Grünes' ($2,10\pm 0,15$ %)

taxonok is a legnagyobb csoportba tartoztak. A legalacsonyabb összes flavonoid-tartalmat a 'Dark Opal' taxon ($0,31\pm 0,14$ %) produkálta.

Az elnyílt fenofázisban a legnagyobb összes flavonoid-tartalom az azonos csoportba tartozó 'Arvada'- ($1,71\pm 0,10$ %) és 'A-1' taxonokhoz ($1,66\pm 0,11$ %), a legkisebb a 'Dark Opal' taxonhoz ($0,27\pm 0,06$ %) volt köthető.

3.1.7. Szalvigenin-tartalom

2013-ban a taxonok és a különböző fenofázisok ((a) virágzás kezdete, (b) teljes virágzás, (c) elnyílt stádium) között jelentős különbség volt tapasztalható (taxon: $F(7;44)=2018,910$; $p\leq 0,001$) (fenofázis: $F(2;44)=5129,605$; $p\leq 0,001$).

A virágzás kezdetén a legmagasabb hatóanyag-tartalom az 'A-1' ($12,49\pm 0,40$ mg/100g), míg a legalacsonyabb a 'Dark Opal' taxonhoz ($3,31\pm 0,21$ mg/100g) volt köthető.

A teljes virágzás fenofázisában a legnagyobb érték az 'M. Grünes' ($21,64\pm 0,14$ mg/100g), míg a legkisebb a 'Dark Opal' taxonhoz ($2,50\pm 0,09$ mg/100g) tartozott.

Az elnyílt stádiumban a legmagasabb értéket az 'A-1' ($7,10\pm 0,27$ mg/100g) produkálta, a legalacsonyabb értékek az 'M. Grünes' ($0,60\pm 0,07$ mg/100g) és a 'Rit-Sat' ($0,72\pm 0,02$ mg/100g) taxonokhoz tartoztak.

3.1.8. Nevadenzin-tartalom

2013-ban a taxonok és a különböző fenofázisok ((a) virágzás kezdete, (b) teljes virágzás, (c) elnyílt stádium) között szignifikáns különbség volt megfigyelhető (taxon: $F(7;42)=1906,634$; $p\leq 0,001$) (fenofázis: $F(2;42)=285,329$; $p\leq 0,001$).

Virágzás kezdetén a legmagasabb nevadenzin-tartalom az 'M. Grünes' ($7,94\pm 0,54$ mg/100g), míg a legalacsonyabb a 'Lengyel' taxonhoz ($0,38\pm 0,14$ mg/100g) tartozott.

A teljes virágzás fenofázisában a legnagyobb mennyiséget a 'Piros' ($6,76 \pm 0,09$ mg/100g) és a tőle jelentősen nem különböző 'M. Grünes' taxon ($6,72 \pm 0,11$ mg/100g) produkálta. A legkisebb értékkel a 'Lengyel' taxon ($0,27 \pm 0,05$ mg/100g) rendelkezett.

Az elnyílt stádiumban a legtöbb nevadenzint az 'M. Grünes' ($6,52 \pm 0,08$ mg/100g) halmozta fel, a legkevesebbet pedig a 'Lengyel' taxon ($0,22 \pm 0,02$ mg/100g).

3.1.9. C-vitamin-tartalom

Az évek között nem (év: $F(1;32)=0,344$; $p=0,562$), a taxonok között viszont szignifikáns különbség volt kimutatható (taxon: $F(7;32)=4,702$; $p \leq 0,01$), valamint a taxon és az év interakciója is jelentős különbséget mutatott (taxon*év: $F(7;32)=4,227$; $p \leq 0,01$).

2012-ben a taxonok között nem volt jelentős különbség detektálható. A legmagasabb C-vitamin-tartalmat az 'M. Grünes' ($32,46 \pm 5,33$ mg/100g), a legalacsonyabbat pedig az 'A-1' taxon ($19,94 \pm 1,58$ mg/100g) esetében tapasztaltuk.

2013-ban az 'A-1' és 'Piros' taxon C-vitamin-tartalma jelentősen eltért egymástól és a többi taxontól is, melyek között nem volt szignifikáns különbség kimutatható. A legmagasabb C-vitamin-tartalommal a 'Genovese' ($28,21 \pm 3,47$ mg/100g), míg a legalacsonyabbal a 'Lengyel' taxon ($21,35 \pm 2,69$ mg/100g) rendelkezett.

3.2. A vizsgálati eredmények értékelése

3.2.1. Antioxidáns kapacitást jellemző paraméterek közötti összefüggések

Az antioxidáns- és szabadgyökfogó-kapacitást jellemző módszerek (FRAP, DPPH) és bizonyos antioxidáns hatással rendelkező vegyületek/vegyületcsoportok (C-vitamin, összes polifenol, illóolaj, összes

flavonoid, szalvigenin, nevadenzin) közötti összefüggés-jellemzés a Pearson-féle korrelációs együttható értékkel történt.

A 2012-es év kísérlete során a teljes virágzás fenofázisában egyedül a levelek FRAP-értékei és az összes polifenol-tartalma között mutatkozott jelentős korreláció ($r=0,601$).

2013-ban további antioxidáns hatással rendelkező vegyületeket/vegyületcsoportokat is bevontam a kísérletbe. Mivel ebben az évben már egységesen a növényi herbákat vizsgáltam, a DPPH és C-vitamin-adatok nem kerültek bele a kiértékelésbe, ugyanis azok vizsgálati anyaga csak a leveles részt tartalmazta, továbbá a mérések csak a teljes virágzás során történtek.

A különböző fenofázisok részletes elemzése után meghatároztam az egyes fenofázisokban az antioxidáns kapacitást jellemző értékek közötti korrelációt.

A virágzás kezdetén a legerősebb szignifikáns összefüggés az összes polifenol-tartalom és az illóolaj-tartalom között volt ($r=0,759$). Ennél gyengébb szignifikáns korrelációt mutatott az összes polifenol-tartalom és az összes flavonoid-tartalom ($r=-0,698$), az összes flavonoid-tartalom és a szalvigenin-tartalom ($r=0,590$), valamint a szalvigenin-tartalom és a nevadenzin-tartalom kapcsolata ($r=0,552$), csökkenő sorrendben. A leggyengébb, de még jelentős összefüggés a FRAP és összes flavonoid-tartalom között volt látható ($r=0,518$).

A teljes virágzást vizsgálva azt tapasztaltam, hogy a legszorosabb összefüggés a bazsalikom két fő flavonoid-aglikonja (szalvigenin, nevadenzin) között mutatkozott ($r=0,683$). Hasonló mértékű szignifikáns összefüggést találtam az összes polifenol-tartalom és az összes flavonoid-tartalom páronkénti vizsgálata során is ($r=-0,618$). Az összes polifenol-tartalom és az illóolaj-tartalom között ennél gyengébb, de még szignifikáns kapcsolatot detektáltam ($r=0,447$), míg a legkisebb jelentős korreláció ($r=0,419$) az összes flavonoid-tartalom és a szalvigenin-tartalom páronkénti vizsgálatához volt köthető.

Az elnyílt stádiumban a leghatározottabb korreláció az összes polifenol-tartalom és a szalvigenin-tartalom között volt ($r=-0,802$). Ezt követte a FRAP és az illóolaj-tartalom közötti jelentős korreláció ($r=-0,774$). Ennél gyengébb, de szignifikáns kapcsolat az összes polifenol-tartalom és az összes flavonoid-tartalom ($r=-0,647$) és az összes flavonoid-tartalom és szalvigenin-tartalom ($r=0,643$) között jelentkezett. Ugyanilyen hasonlóság jellemezte a nevadenzin-tartalom és az összes polifenol-tartalom ($r=-0,553$), valamint a nevadenzin-tartalom és az összes flavonoid-tartalom kapcsolatát ($r=0,551$), melyek gyengébb szignifikáns összefüggést mutattak, mint az előzőek. A legalacsonyabb szignifikáns korrelációs értékkel bíró kapcsolat a FRAP és az összes flavonoid-tartalom között volt ($r=-0,423$).

3.2.2. A vizsgált taxonok teljesítménymutatóinak több szempontot egyszerre figyelembe vevő komplex értékelése

Az *SRD*-módszerrel végzett összegzés eredményei alapján a kísérletbe vont taxonok jellegzetes csoportosulásait sikerült meghatározni. A legjobb taxonnak az 'M. Grünes' adódott. Utána következett egy csoportot alkotva az 'A-1' és 'Dark Opal' taxon. A harmadik helyen a leggyengébben teljesítő csoport, az 'Arvada', 'Genovese', 'Lengyel', 'Piros' és a 'Rit-Sat' helyezkedik el.

Az *LOO* keresztvalidációt követő újbóli *SRD*-elemzés révén a legjobb taxonnak ismét az 'M. Grünes' bizonyult. Ezt követték az egy csoportot alkotó 'A-1', 'Arvada', 'Genovese' és 'Rit-Sat' taxonok, majd az ezektől és egymástól is különböző 'Lengyel' és 'Dark Opal'. A leggyengébben teljesítő 'Piros' taxon az XX1 valószínűségi szintet jelentő egyenesen fekszik.

A taxonok rangsorának páronkénti összehasonlítását Sign és Wilcoxon párosított próbával végeztem, amelyek eredménye azonosnak adódott. A Box és Whisker ábra és a statisztikai elemzések alapján szignifikánsan a legjobb az 'M. Grünes' taxon lett. Leggyengébbnek az 'Arvada', 'Genovese', 'Rit Sat' és

'Lengyel' taxonok mutatkoztak, melyek nem különböztek egymástól szignifikánsan.

3.3. Új tudományos eredmények

1. Kimutattam, hogy a vizsgált kerti bazsalikomok illóolajának összetétele genetikailag rögzített tulajdonság és a taxonok két kemotípusba sorolhatóak. Az 'Arvada', 'Dark Opal', 'Genovese', 'Lengyel' és 'Rit-Sat' taxonok linaloolos, míg az 'A-1', 'M. Grünes' és 'Piros' taxonok linalool–metil-kavikolos kemotípusúak.
2. A fenofázisok kiértékelésekor bizonyítottam, hogy míg az illóolaj-tartalom a virágzás fázisában, addig az összes polifenol-tartalom az elnyílt stádiumban a legmagasabb. Ezzel összefüggésben a FRAP-módszerrel jellemzett antioxidáns kapacitás is az elnyílt stádiumban kulminál. A legnagyobb antioxidáns kapacitásúnak a 'Lengyel' ($718,43 \pm 19,60$ mg/ASE/g sz. a.) és 'Rit-Sat' ($692,81 \pm 22,22$ mg/ASE/g sz. a.) taxonok bizonyultak.
3. Igazoltam, hogy az összes flavonoid-tartalom a virágzás fázisában a legmagasabb. Az összes flavonoid-tartalom az 'A-1', 'Arvada', 'Lengyel', 'Rit-Sat', 'M. Grünes' taxoncsoportban elérte az $1,88 \pm 0,03$ - $2,93 \pm 0,32$ % közötti értékszintet.
4. Kimutattam, hogy a növény két jellemző flavonoid-aglikonjának, a szalvigeninnek és a nevadenzinnek felhalmozódása a virágzás fázisaiban a legnagyobb mértékű.

5. Megállapítottam, hogy a mért paraméterek közül genetikailag rögzítettnek tekinthető az illóolaj mennyiségének fenológiai fázishoz köthető változása. A polifenol-tartalom és a flavonoidok felhalmozódásának szintje fenofázisfüggő, felhalmozódásuk mértéke taxonfüggő.
6. Kimutattam, hogy a felhasználás céljától függően eltérő fenofázisban kell a növényeket betakarítani. A legmagasabb illóolaj-, szalvigenin- és nevadenzin-tartalom kinyeréséhez a virágzás időpontja, míg a maximális antioxidáns aktivitás elérésére az elnyílt stádium az optimális.
7. Erős, részben fenofázistól függő pozitív korrelációt mutattam ki az összes flavonoid-tartalom és a szalvigenin-tartalom között, míg az összes polifenol-tartalom és az összes flavonoid-tartalom között negatív korreláció áll fenn.
8. A vizsgált taxonokat biológiailag aktív anyagaik teljesítménymutatói szerint rangsoroltam. Több szempontot egyszerre figyelembe vevő komplex értékelésük (*SRD*-módszer) alapján a vizsgált taxonok közül az 'M. Grünes' teljesített a legjobban.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

2013-ban a különböző fenofázisokat vizsgálva megállapítottam, hogy a legnagyobb illóolaj-felhalmozódás a teljes virágzásban ('A-1', 'Lengyel' és 'Piros' taxonok), valamint a virágzás kezdetén volt ('Arvada', 'Dark Opal', 'Genovese', 'M. Grünes' és 'Rit-Sat' taxonok). A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy amennyiben az illóolaj-tartalom maximalizálása a felhasználás célja, az utóbbiakat a virágzás kezdetén, az elsőként felsoroltakat a teljes virágzás

fenofázisában célszerű betakarítani. Hangsúlyozottan kijelenthető, hogy minden esetben az elnyílt stádiumban volt a legalacsonyabb az illóolajnak a mennyisége, így fenofázishatás érvényesült. A csökkenés mértéke viszont már taxonfüggő volt. Az elnyílt stádiumban a maximumhoz mért illóolaj-tartalom a kétharmadára ('A-1', 'Arvada' és 'Dark Opal' taxonok), felére ('M. Grünes' és 'Rit-Sat' taxonok), harmadára ('Lengyel' taxon), negyedére ('Genovese' taxon), ötödére ('Piros' taxon) csökkent.

A vizsgált taxonok illóolaj-összetétele összességében egyezik Szabó (2000) besorolásával (linaloolos és linalool-metil-kavikolos kemotípusúak), azzal a különbséggel, hogy a 'Genovese' és az 'Arvada' taxonok linaloolos típusúnak bizonyultak. A 'Dark Opal' taxon linaloolos kemotípusa eltér Grayer és mtsai. (1996) ugyanerre a taxonra vonatkozó linalool-eugenolos (30,5-38,6 % linalool, 38,9-48,0 % eugenol) besorolásától. Ennek egyik magyarázata a génbanki anyagok eltérő származása lehet. A kapott eredményekből azt a következtetést vontam le, hogy a vizsgált taxonok illóolajának összetétele genetikailag rögzített tulajdonság.

Az antioxidáns kapacitás mérése során a vizsgált taxonokról általánosságban elmondható, hogy a FRAP $67,94 \pm 8,00$ és $192,93 \pm 13,98$ mg/ASE/g sz. a. határértékek között mozgott a virágzás kezdetén, míg a teljes virágzás során $164,18 \pm 8,84$ és $412,56 \pm 23,73$ mg/ASE/g sz. a. szélsőértékek között változott. Az elnyílt stádiumban ezek az értékek $442,12 \pm 11,49$ és $718,43 \pm 19,60$ mg/ASE/g sz. a. intervallumban realizálódtak. Tehát a virágzás kezdetétől az elnyílásig 3-5-szörös, sőt a 'Piros' taxon esetében csaknem 10-szeres növekedés volt tapasztalható, vagyis szignifikáns fenofázishatás érvényesült, minimális taxonhatás mellett. Ennek az lehet a magyarázata, hogy az elnyílt fenofázisban a növény magasabb összes polifenol-tartalommal rendelkezett, mely vegyületekről bizonyított, hogy antioxidáns hatásúak. Az eredmények tükrében elmondhatjuk, hogy az elnyílt stádiumban érdemes

betakarítani a növényt, amennyiben a legnagyobb összes antioxidáns kapacitás a célunk.

A 2012-es és 2013-as évi teljes virágzás fázisait összehasonlítva a DPPH gyök megkötésén alapuló antioxidáns kapacitásról megállapítható, hogy az 'A-1' és 'Rit-Sat' taxonok esetében nem volt markáns különbség kimutatható. A többi taxon esetében a 2013-as évben szignifikánsan magasabb értékeket kaptam, mint 2012-ben, ami azt jelentette, hogy a 2013-as év során a taxonok rosszabbul teljesítettek, így 2013-ban több mg szárazanyag minta okozott volna 50 %-os gátlást az egyes taxonoknál. Ezt az eredményt magyarázhatja az a tény, hogy 2012-ben a palánták kiültetésétől a vizsgálathoz való betakarításig (május, június, július) a havi középhőmérsékletek melegebbek voltak, mint 2013-ban, így a gyengébb teljesítmény az antioxidáns vegyületek felhalmozódását befolyásoló alacsonyabb hőmérsékleti értékekre vezethető vissza. Mindkét évben a 'Genovese' tartozott a legnagyobb antioxidáns kapacitással bíró csoportba, tehát összesítésben a legjobb eredményt ez a taxon produkálta.

A taxonok összes polifenol-tartalma (TPC) 2013-ban fenofázisonként eltérő volt; a genetikai variabilitás egyértelműen bizonyított. A virágzás kezdetén a TPC $12,23 \pm 1,88$ - $119,05 \pm 4,83$ mg/GSE/g sz. a. határértékek között, a teljes virágzás folyamán a $33,25 \pm 1,46$ - $121,23 \pm 2,85$ mg/GSE/g sz. a. intervallumban mozgott. Elnyílt stádiumban $40,38 \pm 5,25$ - $477,33 \pm 2,25$ mg/GSE/g sz. a. volt mérhető, tehát a taxonok messze a legmagasabb értékeket produkálták (fenofázishatás). A növekedés mértéke taxononként változó mértékű. A virágzás kezdetétől az elnyílásig a háromszorosára nőtt az 'A-1', 'Dark Opal' és 'Genovese' taxonoknál, míg 9-13-szoros növekedést tapasztaltunk az 'Arvada', 'Lengyel', 'M. Grünes', 'Piros' és 'Rit-Sat' taxonoknál. Ebből következően – amennyiben a TPC a felhasználás alapja – az elnyílt stádiumaiban érdemes felhasználni a növényi herbát.

Az összes flavonoid-tartalom alakulásánál fenofázishatás érvényesült; a maximális hozam a teljes virágzás stádiumához köthető. Az elnyílt stádiumban a

csökkenés mértéke taxonfüggő, ami azt igazolja, hogy a vizsgált taxonok genetikailag különböznek. A lecsökkent összes flavonoid-tartalom, ugyanakkor megnövekedett összes polifenol-tartalom összefüggésből arra lehet következtetni, hogy az elnyílt fenofázisban ugrásszerűen megemelkedett a növényben a fenolos savak mennyisége, ugyanis az összes polifenol-tartalom mérési eredményébe a flavonoidok és a fenolos savak egyaránt beletartoznak. Abban az esetben, amennyiben az összes flavonoid-tartalom a felhasználás alapja, a taxonokat a teljes virágzás stádiumában célszerű betakarítani.

A szalvigenin-tartalom fenofázisonkénti változásának tendenciája párhuzamot mutat az összes flavonoid-tartalommal, azaz fenofázishatás érvényesül. A legmagasabb szalvigenin értékek a virágzás kezdetén ('A-1', 'Arvada', 'Dark Opal', 'Lengyel' és 'Rit-Sat'), illetőleg a teljes virágzás során ('Genovese', 'M. Grünes' és 'Piros') jelentkeztek. Az összes vizsgált taxonnál az elnyílt stádium produkálta a legalacsonyabb szalvigenin-tartalmat, a mért értékek a maximum értékekhez képest a kétharmadára ('Arvada'), felére ('A-1'), harmadára ('Dark Opal', 'Genovese', 'Piros'), ötödére ('Lengyel'), hetedére ('Rit-Sat'), harminchatodára ('M. Grünes') estek vissza. A kapott eredményeket vizsgálva egyrészt megállapítható, hogy a szalvigenin felhalmozás-csökkenés mértéke taxonfüggő, másrészt hogy az optimális hatóanyag-mennyiség kinyerése céljából taxontól függően a virágzás kezdete illetőleg a teljes virágzás időszaka ajánlott.

A nevadenzin-tartalom változása vizsgálatokor is fenofázishatás jelentkezett, bár kisebb mértékben, mint a szalvigenin esetében. A legmagasabb nevadenzin értékek a virágzás kezdetén ('A-1', 'Lengyel' és 'M. Grünes'), illetőleg a teljes virágzásban ('Dark Opal', 'Genovese', 'Piros' és 'Rit-Sat') voltak mérhetőek. Csaknem az összes taxonnál az elnyílt stádium produkálta a legalacsonyabb nevadenzin-tartalmat. Ez a tendencia is párhuzamot mutat az összes flavonoid-tartalommal, habár a csökkenés mértéke nem annyira számottevő, mint a szalvigenin-tartalomnál. Az elnyílt stádiumban kapott

nevadenzin mennyiségi értékek a maximum értékekhez képest a négyötödére ('M. Grünes'), kétharmadára ('Dark Opal', 'Genovese'), háromötödére ('A-1', 'Lengyel', 'Rit-Sat') és negyedére ('Piros') csökkentek. Megállapítható egyrészt, hogy a nevadenzin felhalmozás-csökkenés is taxonfüggő, másrészt ha a nevadenzin maximális mennyiségének kinyerése a cél, akkor betakarításra a virágzás kezdete illetőleg a teljes virágzás időszaka ajánlott.

A vizsgált kerti bazsalikom tételek 2012. és 2013. évi C-vitamin-tartalmát összehasonlítva sem jelentős, sem tendenciózus eltérés a két év között nem állapítható meg. A mért mennyiségeket figyelembe véve ($19,94 \pm 1,58$ mg/100g és $32,46 \pm 5,33$ mg/100g szélsőértékek) a kerti bazsalikom aszkorbinsav-tartalma ugyan jelentősnek mondható, ha összevetjük a gyümölcsökével, ez azonban pusztán számbeli összehasonlítás, mivel a C-vitamin megfelelő mennyiségű bevitele a bazsalikomból az emberi szervezetbe nem annyira hatékony, mint például a citrus-félékből.

Az antioxidáns- és szabadgyökfogó-kapacitást jellemző módszerek, továbbá bizonyos antioxidáns hatással rendelkező vegyületek/vegyületcsoportok közötti összefüggés-jellemzés alapján mindhárom vizsgált fenofázis esetében erős pozitív korreláció állapítható meg az összes flavonoid-tartalom és a szalvigenin-tartalom között. Az összes polifenol-tartalom és az összes flavonoid-tartalom között negatív korreláció áll fenn.

A (felsorolt) fenofázisokhoz kapcsolódó betakarítási javaslatok (természetesen) csak jelen munkám során elvégzett kutatások eredményein alapulnak. Végső konklúziók levonásához további, huzamosabb ideig folytatott kísérletek szükségesek, mert csak több év együttes adatait elemezve lehet valós képet alkotni például arról, hogy a taxon- és az évjárathatás együttesen milyen súllyal befolyásolják az eredményeket.

Munkám továbbá felhívja a figyelmet arra, hogy a taxonok kiválasztását több szempont együttes figyelembevételével célszerű végezni (*SRD*-módszer), mert a biológiai potenciáljukat a leginkább így tudjuk jellemezni. Ennek

tükrében alátámasztottam, hogy biológiailag aktív anyagaik alapján az 'M. Grünes' adódott a legjobb taxonnak, így a vizsgált viszonyok között ezt a taxont lehet természetesen ajánlani.

A vizsgált taxonok műszeres és érzékszervi együttes értékelésével további eredményekre juthatunk az érzékszervi jellemzőikkel és fogyasztói kedveltségükkel kapcsolatban.

FELHASZNÁLT IRODALMAK JEGYZÉKE

- [1] BENZIE I. F. F., STRAIN J. J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239 (1), 70–76. p.
DOI:10.1006/abio.1996.0292
- [2] GILINGERNÉ P. M.; VARGA ZS. (2005): Élelmiszerkémiai gyakorlatok. Budapest: Semmelweis Egyetem EFK jegyzet.
- [3] GRAYER R. J., KITE G. C., GOLDSTONE F. J., BRYAN S. E., PATON A., PUTIEVSKY E. (1996): Intraspecific taxonomy and essential oil chemotypes in sweet basil, *Ocimum basilicum*. *Phytochemistry*, 43 (5), 1033–1039. p.
DOI:10.1016/S0031-9422(96)00429-3
- [4] GRAYER R. J., VIEIRA R. F., PRICE A. M., KITE G. C., SIMON J. E., PATON A. J. (2004): Characterization of cultivars within species of *Ocimum* by exudates flavonoid profiles. *Biochemical Systematics and Ecology*, 32 (10), 901–913. p.
DOI:10.1016/j.bse.2004.04.002
- [5] LUGASI A., BLÁZSOVICS A. (2004): Az egészséges táplálkozás tudományos alapjai. Budapest: Fodor József OKK-OÉTI.
- [6] PHARMACOPOEA HUNGARICA (1986): VII. Kiadás. I. Kötet. Budapest: Medicina Könyvkiadó, 395–398. p.

- [7] PHARMACOPOEA HUNGARICA (2003): VIII. Kiadás. I. Kötet. Budapest: Medicina Kiadó, 1788–1789. p.
- [8] SINGLETON V. L., ROSSI J. A. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16 (3), 144–158. p.
- [9] SZABÓ K. (2000): *A kerti bazsalikom (Ocimum basilicum L.) és a szurokfű (Origanum vulgare L. subsp. hirtum (Link) Ietswaart) kémiai, morfológiai és produktióbiológiai differenciáltságának feltárása*, Ph.D. értekezés, Gyógy- és Aromanövények Tanszék, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest.
- [10] VAN DEN DOOL H., KRATZ P., (1963): A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography A*, 11, 463–471. p.
DOI:10.1016/S0021-9673(01)80947-X

5. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Impakt faktoros folyóiratcikkek:

B. Bernhardt, J. Bernáth, A. Gere, Z. Kókai, B. Komáromi, Sz. Tavaszisárosi, L. Varga, L. Sipos, K. Szabó (2015): The influence of cultivars and phenological phases on the accumulation of nevadensin and salvigenin in basil (*Ocimum basilicum*). *Natural Product Communications*, 10 (10), 1699-1702.
IF:0.906 (2014)

B. Bernhardt, L. Sipos, Z. Kókai, A. Gere, K. Szabó, J. Bernáth, Sz. Sárosi (2015): Comparison of different *Ocimum basilicum* L. gene bank accessions

analyzed by GC-MS and sensory profile. *Industrial Crops and Products*, 67, 498-508. **IF:3.208** (2013) DOI:10.1016/j.indcrop.2015.01.013

Lektorált folyóiratban (MTA listás) megjelent közlemények:

B. Bernhardt, Gy. Fazekas, M. Ladányi, K. Inotai, É. Zámboi-Németh, J. Bernáth, K. Szabó (2014): Morphological-, chemical and RAPD-PCR evaluation of eight different *Ocimum basilicum* L. gene bank accessions. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 1(1), E23-E29. DOI:10.1016/j.jarmap.2014.03.002

Bernhardt, B., Gilingerné Pankotai, M., Komsa I., Ladányi, M., Orbán, Cs., Ruttner, K., Szabó, K., Bernáth, J. (2013): Különböző eredetű *Ocimum basilicum* L. fajták produkciójának és beltartalmának összehasonlító elemzése. *Kertgazdaság*, 45(2), 66-74.

Nemzetközi konferencia kiadványok (abstract):

B. Bernhardt, É. Németh-Zámboi, J. Bernáth, Sz. Sárosi, P. Rajhárt, K. Szabó (2014): Chemical characterization of different *Ocimum basilicum* L. gene bank accessions during the vegetation period. *International Symposium of Essential Oils*, 07-10., September, 2014, Istanbul, Turkey. *Book of Abstracts*, 32.

B. Bernhardt, B. Cserhádi, É. Németh, Gy. Fazekas, K. Szabó, Sz. Sárosi, J. Bernáth (2013): Morphological and chemical characterization of different *Ocimum basilicum* L. gene bank accessions. *Sustainable Production of Vegetable and Medicinal Plants - Achievements and Challenges*, 20-21., June, 2013, Warsaw, Poland. *Book of Abstracts*, 15.