



Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFÉKTETÉS A JÖVŐBE

SZÉCHENYI  2020

SOPRONI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR

TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

2020. NOVEMBER 30.

SOPRONI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR





Soproni Egyetem
Erdőmérnöki Kar

TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

Szerkesztette: Facskó Ferenc, Király Gergely



Soproni Egyetem
Kiadó

Sopron – 2020

A kötet megjelenését az „EFOP-3.6.1-16-2016-00018 – A felsőoktatási rendszer K+F+I szerep-vállalásának növelése intelligens szakosodás által Sopronban és Szombathelyen” című projekt támogatta.

A kötet publikációit lektorálták: Bartha Dénes, Bidló András, Brolly Gábor, Czimber Kornél, Czupy Imre, Faragó Sándor, Frank Norbert, Pájer-Gálos Borbála, Gribovszki Zoltán, Heil Bálint, Hofmann Tamás, Horváth Adrienn, Horváth Tamás, Jánoska Ferenc, Kalicz Péter, Király Angéla, Király Gergely, Kovács Gábor, Lakatos Ferenc, László Richárd, Szakálosné Mátyás Katalin, Rétfalvi Tamás, Tuba Katalin, Vityi Andrea, Winkler Dániel

Soproni Egyetem Kiadó, 2020
Felelős kiadó: Prof. Dr. Fábíán Attila általános rektorhelyettes
Kézirat lezárva: 2020. november 30.

ISBN 978-963-334-376-0 (on-line verzió)

On-line verzió elérhetősége: http://emk.uni-sopron.hu/images/dekani_hivatal/Kiadvanyok/TudomanyosKozlemenyek2020.pdf

Szerkesztette: Facskó Ferenc
Király Gergely

Ajánlott hivatkozás:

FACSKÓ F.– KIRÁLY G. (szerk.) (2020): Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar. Tudományos közlemények. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron.

Tartalomjegyzék

Előszó.....	5
Ács Norbert, Czimber Kornél: Webes földmérési alappontsűrítést végző alkalmazás	6
Báder Mátyás, Németh Róbert: Rostirányban tömörített faanyag zsugorodásának és dagadásának csökkentése	13
Balázs Pál, Király Géza, Nagy Dezső, Konkoly-Gyuró Éva: Az első katonai felmérés tartalmi ellenőrzése egy felső-rába-völgyi példán keresztül.....	19
Balázs Pál, Berki Imre, Konkoly-Gyuró Éva: Tájváltozással kapcsolatos kutatások a hazai és nemzetközi szakirodalomban	26
Barta Edit, Bakki-Nagy Imre Sándor: Vasúti felsővezeték elektromos terének mérése és számítása ...	33
Brolly Gábor, Bazsó Tamás: Oktatási fejlesztések az okleveles erdőmérnök szak Földmérés tantárgy gyakorlatain	40
Brolly Gábor, Király Géza: Földi lézerszkennelt pontthalmazok tájékozására alkalmas szoftverek összehasonlítása erdei fák térképezése szempontjából.....	45
Czimber Kornél, Burai Péter, Román András: Légi lézeres és hiperspektrális faállomány-felmérés első eredményei.....	51
Czupy Imre, Mészáros Imre, Vágvölgyi Andrea: A soproni szennyvíztisztító telep biogázüzemre vetített energiamérlege.....	61
Csáki Péter, Czimber Kornél, Király Géza, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán: Erdőállományok vízháztartásának vizsgálata az Alföldön, leskálázott párolgástérképek segítségével	69
Csanády Viktória: Vízszennyezési adatok modell vizsgálata	74
Deák István György, Horváth Sándor: Pamo Mangala farm (Észak-Zambia) vadállományának állapota	81
Elekne Fodor Veronika, Biró Barbara, Horváth Adrienn, Polgár András : A közlekedés környezeti hatásainak lehetséges monitorozása az M85 gyorsforgalmi út tükrében.....	85
Fülöp Viktor Géza, Horváth Sándor: A tűzifa, az energetikai célú erdei apríték, valamint az ipari fakitermelési és piaci változásai 2007 és 2018 között	91
Gálos Borbála, Kiss Márton: Meteorológiai mérések a Soproni-hegységben.....	97
Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter: Párolgás okozta napi ingadozás és annak információtartalma (módszerek az evapotranszspiráció számítására).....	105
Gribovszki Zoltán: Vízpótlások erdőterületen, elmélet és esettanulmányok	112
Herceg András, Kalicz Péter, Primusz Péter, Gribovszki Zoltán: Az éghajlatváltozás hatása az útpályaszerkezetre	119
Hofmann Tamás, Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente: Bükk (<i>Fagus sylvatica</i> L.) faanyag polifenol készletének folyadékkromatográfiás/tömegspektrometriás vizsgálata	127
Hofmann Tamás, Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente : Bükk (<i>Fagus sylvatica</i> L.) levél antioxidáns kapacitásának és polifenol készletének vizsgálata.....	132
Hofmann Tamás, Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente: Tölgyfajok levél-antioxidáns tartalmának összehasonlító vizsgálata	137
Horváth Attila László, Szakálosné Mátyás Katalin: A harveszteres fakitermelés teljesítményének javítási lehetőségei szimulátor segítségével	142
Horváth Attila László, Szakálosné Mátyás Katalin: A harveszteres gépkezelők szimulátoros képzésének hatása a munka gazdaságosságára	149
Horváth Attila László, Major Tamás, Szakálosné Mátyás Katalin: Harveszteres fakitermelési módszerek termelékenységeinek összehasonlítása	156
Horváth Bíbor Júlia, Németh Róbert, Báder Mátyás: A rostirányban tömörített faanyag zsugorodás-dagadásának vizsgálata.....	163
Kapocsi Gergely, Horváth Sándor, László Richárd: N agyvadállomány vagyón-kezelésének elemzése az Országos Vadgazdálkodási Adatbázis állománybecslési és elejtési adatainak tükrében	170
Katona Csaba, Bazsó Tamás, Péterfalvi József, Primusz Péter: BLK360 lézerszkennő alkalmazása vonalas létesítmények felmérésére: jelek és távolságok.....	177
Kovács Gábor, Heilig Dávid, Heil Bálint: Fás szárú energetikai ületvények technológiáját és ökonómiáját befolyásoló tényezők a gyakorlatban.....	187

Kovács Klaudia, Vityi Andrea, Horváth Attila László: Agroerdészeti erdei köztes termesztésű rendszerek technológiája.....	195
Major Tamás, Pintér Tamás, Szakálosné Mátyás Katalin: Gyökérsarj eredetű akác állományok összehasonlító vizsgálata a SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt. területén.....	200
Major Tamás, Horváth Attila, Virág Vivien: Harveszteres gépi faanyagfelvételezés összehasonlító vizsgálata.....	205
Marcisin Tamás, Király Gergely: Az állomány záródása és az újulatszám összefüggéseinek vizsgálata nyírségi vörös tölgyesekben	210
Németh Zsolt István, Kiss Péter Áron, Rákosa Rita: Faanyagok FT-IR spektrum alapú osztályozása kemometriás módszerekkel	217
Nevezi Csenge, Bazsó Tamás, Csáki Péter, Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita: Hidrológiai és botanikai folyamatok összefüggéseinek vizsgálata egy patakmenti erdőállomány és nedves rét területén.....	221
Novák Dominik, Németh Róbert, Báder Mátyás: A jövő faimpregnáló polimerje. A tejsav tömörfában történő felhasználásának áttekintése.....	227
Papp Viktória, Szalay Dóra: Pirolízis korom és faanyag keverék pelletek energetikai és mechanikai vizsgálata.....	232
Péterfalvi József, Primusz Péter: Talajstabilizációk szerepe az erdészeti útépítésben.....	237
Polgár András, Jagodics Nóra, Horváth Adrienn, Elekné Fodor Veronika: Szántóföldi növénytermesztés környezeti hatásai	247
Polgár András, Antal Mária Réka: Faipari élzárási típusok környezeti hatásainak vizsgálata.....	254
Rákosa Rita, Pásztory Zoltán, Börcsök Zoltán, Németh Zsolt István: IR spektrometria a faanyag hőkezelésének monitorozására	263
Rákosa Rita, Szegleti Csongor, Németh Zsolt István: Műanyag hulladékok osztályozása FT-IR spektrumok alapján.....	268
Szakálosné Mátyás Katalin, Fekete György, Horváth Attila László: Lovak alkalmazása és jövője a hazai fahasználatokban	273
Szakálosné Mátyás Katalin, Gimesi Kristóf Szilárd, Major Tamás, Horváth Attila László: Kötélpályás közelítés vizsgálata a soproni hegyvidéken	278
Szakálosné Mátyás Katalin, Sudár Ferenc János, Horváth Attila László: A többműveletes fakitermelő gépek kíméletességének fokozása harveszter szimulátor segítségével.....	284
Szöke Előd, Csáki Péter, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán: Hidrológiai vizsgálatok egy fás legelőn.....	291
Tari Tamás, Sándor Gyula, Náhlik András: A vaddisznó lakott-területi megjelenésének jellemzői kérdőíves felmérés eredményeinek tükrében.....	298
Tóth Mihály Zoltán, Németh Róbert, Báder Mátyás: Fahegesztés vízgőz és nyomás segítségével.....	305
Vadkerti Tóth Balázs, Németh Róbert, Báder Mátyás: Fahajlítás anatómiája – Áttekintés.....	311
Vágvölgyi Andrea, Szalay Dóra: Stratégiai elemzőmódszer alkalmazása az energetikai célú fás szárú ültetvények vizsgálatára.....	318
Vágvölgyi Andrea, Mészáros Imre, Czupy Imre: Szennyvíziszap komposztálás anyagmérlegére irányuló vizsgálatok.....	325
Vágvölgyi Andrea, Szigeti Nóra, Czupy Imre, Beszédes Sándor, Szalay Dóra: Fás szárú ültetvények technológiai és ökológiai szempontú siker-kudarcc tényezőinek vizsgálata.....	329
Vajda József, Horváth Sándor: A COVID-19 hatása az amerikai agrártámogatási rendszerre.....	336
Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente, Hofmann Tamás: A fakéreg antioxidáns tulajdonságainak kiértékelése	342
Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente, Bocz Balázs, Bocz Dániel, Hofmann Tamás: Tobozok antioxidáns tulajdonságainak vizsgálata	348
Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter, Szöke Előd, Varga Jenő, Csáki Péter: Agrárerdészeti rendszer talajnedvességének vizsgálata fertődi mintaterületen	354

BÜKK (*FAGUS SYLVATICA* L.) LEVÉL ANTIOXIDÁNS KAPACITÁSÁNAK ÉS POLIFENOL KÉSZLETÉNEK VIZSGÁLATA

HOFMANN TAMÁS, VISINÉ RAJCSI ESZTER, ALBERT LEVENTE
Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet
hofmann.tamas@uni-sopron.hu

Különböző fák levélkivonatainak számos jótékony hatása lehet az emberi szervezetre (antioxidáns, rákellenes, gyulladáscsökkentő hatás stb.), így az ezekben a növényi szövetekben megtalálható antioxidáns jellegű vegyületek vizsgálata is kiemelten fontos kutatási terület. Az antioxidáns tulajdonságokért felelős egyik jelentős vegyületsorozat a polifenolok osztálya. Gyümölcsök, zöldségek, gyógynövények antioxidáns tulajdonságairól, polifenolos összetételéről számos eredményt találhatunk a szakirodalomban, az erdei fák leveleit azonban lényegesen kevesebben tanulmányozták. A levél polifenolok vizsgálatának fontosságát az is indokolja, hogy kitüntetett szerepet töltenek be a növényi szövetek biotikus, illetve abiotikus stresszre (pl. klimatikus adaptáció) adott válaszreakcióiban is.

Kutatásunk célja a bükk (*Fagus sylvatica* L.) fafaj levélszövegeinek vizsgálata volt. Az elemzések során követtük az antioxidáns kapacitás és polifenol tartalom változását a májustól szeptemberig tartó időszakban. Mivel a bükk levél fenoloidok azonosítására a szakirodalomban nem találtunk utalást, HPLC-MS/MS eljárással elválasztottuk és azonosítottuk ezeket a vegyületeket. Az eredmények gazdagítják az ismereteinket a bükklevelek kémiai összetételéről, ráirányíthatják a kutatók figyelmét az azonosított vegyületekre a bükk különböző életfolyamatainak értelmezésében és hozzájárulhatnak a bükk levélszövet extraktumainak és a belőlük kivonható polifenoloknak a gyakorlatban történő hasznosításához.

Anyag és módszer

Mintavétel és extrakció: A mintavétel a Soproni Egyetem Botanikus kertjének területén történt 2017. május és szeptembere között. A levélmintákat (1 faegyed/faj, 20 db fény + 20 db árnyéklevél/faegyed) mikrohullámmal (700 W, 1 perc) kezeltük, daráltuk, majd extraháltuk (ultrahangos extrakció, 0,2 g levél + 20 ml 4:1 metanol:víz, 20 perc).

Totálfenol-tartalom meghatározás. A spektrofotometriás elvű Folin-Ciocalteu módszerrel a reakcióoldat abszorbanciáját 760 nm-en mértük, standardként kvercetin használtunk. Az eredményeket mg kvercetin/g száraz levélben adtuk meg (SINGLETON – ROSSI 1965).

Összes flavonoid tartalom meghatározás. A KALITA ET AL. (2013) által leírt módszert alkalmaztuk, kvercetin standard használatával. A reakcióelegy homogenizálását követően az abszorbanciát 415 nm-en mértük, az eredményeket mg kvercetin/g szárazanyagban (mg Q/g sz.a.) adtuk meg.

Összes flavan-3-ol tartalom meghatározás. A meghatározás TREUTTER (1989) munkája alapján történt, standardként (+)-katechint alkalmaztunk. A spektrofotometriás mérést 640 nm-en végeztük el. Az eredményeket mg (+)-katechin/ g szárazanyagban (mg C/g sz.a.) adtuk meg.

DPPH-antioxidáns kapacitás meghatározás. A reakció a DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil)-gyökkel ment végbe 30 perc alatt, a reakcióelegy abszorbanciáját 515 nm-en mértük. Az eredményeket IC₅₀-értékben, µg/ml-ben adtuk meg (SHARMA – BHAT 2009).

ABTS-antioxidáns kapacitás meghatározás. A reakció az ABTS (2,2'-azinodi-(3-etilbenzotiazolin)-6-szulfoninsav) oxidációján alapul, 734 nm-en követhető nyomon. Az eredményeket mg trolox ekvivalens/g száraz levél egységben adtuk meg (STRATIL et al. 2007).

FRAP-antioxidáns kapacitás meghatározás. A spektrofotometriás mérés a vasredukáló-képességen alapul, aszkorbinsav standardot használtunk, 593 nm-en mértünk. Az eredményeket mg aszkorbinsav/g száraz levél egységben adtuk meg (BENZIE – STRAIN 1996).

HPLC-MS/MS vizsgálat. A mérés Shimadzu LC 20 folyadékkromatográf és AB Sciex 3200 Qtrap tömegspektrométer segítségével történt. Állófázis: Phenomenex Kinetex C18, 150 mm × 4,6 mm, 2,6 µm core-shell oszlop; 40°C. Mozgófázis: A (H₂O + 0,1% HCOOH), B (Acetonitril + 0,1% HCOOH). Gradiens elúció 1,2 ml/min térfogatárammal a következő gradiens szerint: 10% B (0–1 min), 12% B (8 min), 18% B (10 min), 22% B (13 min), 28% B (19 min), 98% B (23 min), 98% B (23–32 min), 10% B (33 min), 10% B (33–40 min). Minta injektálás: 4 µl. UV-detektálás: 250–380 nm.

Tömegspektrométer beállításai: osztószepel ionforrás előtt (az ionforrásba belépő áramlás 0,6 ml/min). -ESI ionizáció, ion spray feszültség: -4500V, függőngáz (N₂) nyomás: 30 psi, porlasztógáz (N₂) nyomás: 40 psi, szárítógáz (N₂) nyomása: 30 psi, ionforrás feszültség: 500 °C. Komponensek azonosítása: IDA elemzés MS/MS tömegspektrumok alapján (160–1300 m/z). Adatgyűjtés és értékelés Analyst 1.6.1 szoftverrel.

Eredmények és megvitatásuk

A levelek antioxidáns kapacitásának és összes polifenol tartalmának szezonális változását az *I. táblázat* foglalja össze. A levelek összes polifenol tartalma tavaszról őszi növekszik. PIRVU ET AL. (2013) bükk levelek esetében szintén növekedést írtak le az őszi időszak felé haladva: a legnagyobb összes polifenol-tartalmat a szeptemberi levelek esetében határozták meg. Az eredmények összhangban vannak Iqbal et al. kutatásával is, akik a *Moringa oleifera* leveleinek vizsgálatánál megállapították, hogy a totálfenol-tartalom a frissen nyílt levelekben volt a legalacsonyabb, és fokozatosan nőtt, párhuzamosan a levelek érettségével (IQBAL et al. 2006).

Az összes flavonoid-tartalom szezonális változása jelentősen eltér az összes polifenol-tartalom változás tendenciájától. Ennek egyik magyarázata, hogy nem minden polifenolos extraktanyag flavonoid-típusú, így a két mennyiség nem szükségszerűen korrelál egymással. Másrészt az összes polifenol-tartalom mérésére alkalmazott Folin-Ciocalteu módszer nem csak a polifenolokat határozza meg, számos interferáló vegyület zavarhatja a mérést. Az összes flavonoid-tartalom májustól augusztusig/szeptemberig csökken, májusi maximummal. A bükknél tapasztalt szezonális tendencia összhangban van a Pirvu és munkatársai által mért eredményekkel (PIRVU ET AL. 2013).

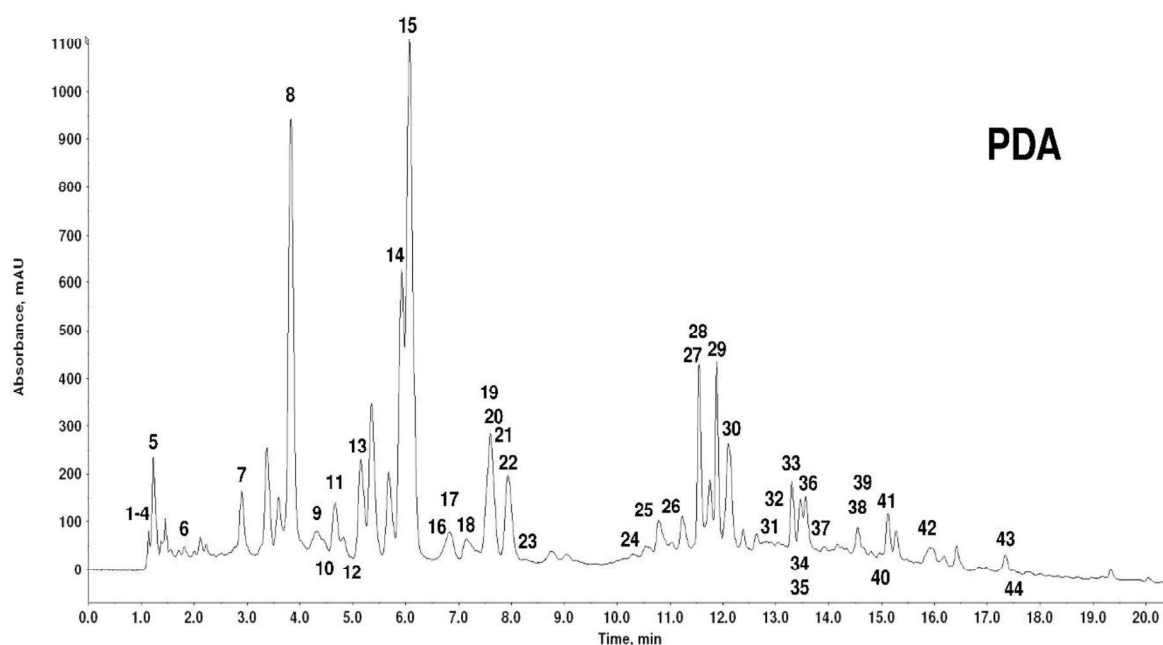
Tavaszi őszi növekedés figyelhető meg a flavan-3-ol tartalmakban. A bükk levelekből mért flavan-3-ol-tartalmak összevethetők az irodalomban talált értékekkel. SEN ET AL. (2013) a megsárgult és a zöld bükk levelek összes flavan-3-ol-tartalmát vizsgálva azt állapították meg, hogy a teljes flavan-3-ol-tartalom 30 és 100 mg C/g sz.a. között változott attól függően, hogy a növényt melyik évben vizsgálták, és a levelek milyen egészségi állapotban voltak. Ez utóbbit a színük alapján állapították meg. FEUCHT – TREUTTER (1994) azt a következtetést vonták le, hogy a flavan-3-ol jellegű vegyületek fontos szerepet töltenek be a bükk levelek antioxidáns, és védelmi rendszerében.

A FRAP antioxidáns kapacitás értékek tendenciája a totálfenol értékhez hasonló, szezonális növekedést mutat. Az ABTS antioxidáns kapacitás értékek esetében szintén enyhe növekedés figyelhető meg tavaszról őszi, a tendenciát a júniusi érték töri meg. A DPPH esetében nem figyelhető meg egyértelmű tendencia. Az alkalmazott antioxidáns kapacitás meghatározási módszerek (DPPH, FRAP, ABTS) más-más vegyületcsoportokra szelektívek, így együttes meghatározásukkal kaphatunk csak átfogó képet az extraktumok antioxidáns tulajdonságairól. Az *I. táblázat* eredményei alapján az is kivehető, hogy az egyértelmű, monoton szezonális tendenciák legtöbbször nem érvényesülnek, ez feltételezhetőleg időjárási, környezeti behatásokkal magyarázható, illetve azzal, hogy a növény antioxidáns rendszer összetett, sok vegyület által meghatározott, melyek összessége adja a mért antioxidáns kapacitásokat.

1. táblázat. Bükk levelek polifenol tartalma és antioxidáns kapacitása (átlag ± szórás) különböző módszerekkel. A felső indexben lévő betű a hónapok közti szignifikáns különbséget mutatja adott p szinten. TF: totálfenol, TFL: összes flavonoid, TFL3: összes flaván-3-ol tartalmak.

	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember
TF (mg Q/g) p<0,05	37,82 ± 1,01 ^a	56,83 ± 0,99 ^c	48,12 ± 1,28 ^b	47,38 ± 3,14 ^b	57,71 ± 2,59 ^c
TFL (mg Q/g) p<0,05	4,34 ± 0,07 ^c	4,15 ± 0,10 ^c	2,80 ± 0,14 ^b	2,23 ± 0,07 ^a	2,70 ± 0,09 ^b
TFL3 (mg C/g) p<0,02	12,4 ± 0,40 ^a	22,6 ± 1,04 ^c	23,0 ± 0,65 ^c	15,5 ± 0,61 ^b	24,1 ± 0,10 ^c
FRAP (mg AS/g) p<0,05	30,26 ± 1,60 ^a	40,13 ± 0,71 ^c	36,40 ± 0,53 ^b	36,71 ± 0,63 ^b	53,10 ± 1,53 ^d
ABTS (mg T/g) p<0,05	119,45 ± 6,64 ^a	156,82 ± 4,82 ^b	132,28 ± 11,60 ^a	115,54 ± 3,55 ^a	155,05 ± 11,46 ^b
DPPH IC ₅₀ (µg/ml) p<0,02	10,47 ± 1,25 ^a	18,18 ± 1,92 ^c	13,36 ± 0,63 ^{ab}	15,23 ± 1,04 ^{bc}	11,35 ± 0,73 ^a

Elvégeztük a bükk levél kivonat polifenolos vegyületeinek és az elválasztott vegyületek szerkezetének vizsgálatát tandem tömegspektrometriás eljárással. Az 1. ábra egy bükk levél kivonat kromatogramját mutatja.



1. ábra. Bükk levél PDA (250-380 nm) kromatogramja

Az azonosítást a kapott fragmensek segítségével végeztük, szakirodalmi adatok és adatbázisok, valamint fragmentációs szabályok felhasználásával. Az azonosított vegyületek listája a 2. táblázatban látható.

A 2. táblázat alapján látható, hogy a bükk levélben legnagyobb számban a procianidin vegyületek fordulnak elő (dimer és trimer izomerek). A kromatogram (1. ábra) csúcsmagasságai alapján az is megállapítható, hogy ezek a vegyületek a legnagyobb mennyiségben előforduló polifenolok a bükk levélben. Az eredmények összhangban vannak az 1. táblázatban foglalt adatokkal, melyek szerint a levelek flaván-3-ol tartalma nagyon magas. A procianidin vegyületek prekursorai ((+)-katechin, (-)-epikatechin) szintén flaván-3-ol szerkezetűek, kisebb mennyiségben fordulnak elő, mint a dimerek, illetve a trimerek. Feltételezhető, hogy magasabb polimerizációs

fokú procianidinek is megtalálhatók a bükk levélben (tetra-, penta-, illetve hexamerek), de ezek mennyisége alacsonyabb mint a di- és trimereké.

2. táblázat. Bükk levél polifenol készlete. $[M-H]^-$: anyaiion; MS/MS legintenzívebb fragmensek. Ism: ismeretlen vegyület.

Csúcs	tr	Vegyület neve	$[M-H]^-$	MS/MS	Csúcs	tr	Vegyület neve	$[M-H]^-$	MS/MS
	(min)		m/z	m/z		(min)		m/z	m/z
1	1.12	Ism.1	439	97	23	8.26	Procianidin B dimer	577	407, 289
2	1.12	Kávésav- <i>O</i> -hexozid	341	179, 161	24	10.3	Procianidin B dimer	577	407, 289
3	1.13	Ism.2	533	191	25	10.53	Procianidin C trimer	865	407, 289
4	1.16	Ism.3	481	191	26	11.04	Procianidin B dimer	577	407, 289
5	1.22	Ism.4	191	85	27	11.51	Procianidin C trimer	865	407, 289
6	1.83	Procianidin C trimer	865	125	28	11.56	Naringenin- <i>C</i> -hexozid	433	343, 313
7	2.89	Klorogénsav izomer	353	191, 179	29	11.88	Naringenin- <i>C</i> -hexozid	433	343, 313
8	3.76	Procianidin B dimer	577	407, 289	30	12.10	Naringenin- <i>C</i> -hexozid	433	343, 313
9	4.26	Ism.5	311	149	31	12.92	Koniferin szárm.	451	341
10	4.35	Procianidin B dimer	577	407, 289	32	12.97	Procianidin C trimer	865	407, 289
11	4.67	(+)-Katechin	289	245, 203	33	13.22	Procianidin B dimer	577	407, 289
12	4.93	Procianidin C trimer	865	407, 289	34	13.31	Ism.6	413	57
13	5.15	Klorogénsav izomer	353	191, 179	35	13.31	Kvercetin- <i>O</i> -hexozid	463	301, 300
14	6.04	Procianidin C trimer	865	407, 289	36	13.48	Kvercetin- <i>O</i> -glükuronid	477	301, 300
15	6.05	Procianidin B dimer	577	407, 289	37	13.58	Kvercetin- <i>O</i> -hexozid	463	301, 300
16	6.76	Procianidin B dimer	577	407, 289	38	14.55	Kemperfol- <i>O</i> -hexozid	447	284, 227
17	6.85	Procianidin C trimer	865	407, 289	39	14.56	Kvercetin- <i>O</i> -pentozid	433	301, 300
18	7.28	Klorogénsav izomer	353	191, 179	40	14.81	Koniferin szárm.	451	341
19	7.56	Procianidin C trimer	865	407, 289	41	15.12	Kemperfol- <i>O</i> -hexozid	447	284, 227
20	7.57	(-)-Epikatechin	289	245, 203	42	15.88	Kemperfol- <i>O</i> -pentozid	417	284, 255
21	7.65	Koniferin izomer	341	207, 179	43	17.34	Kemperfol- <i>O</i> -deoxihexozid	431	285, 255
22	7.95	Feruloil-treonsav	311	279, 193	44	17.49	Koniferin szárm.	451	341

A flavan-3-ol vegyületeken kívül kvercetin-, kempferol-, és naringenin glikozidokat is azonosítottunk, melyek közül a naringenin vegyületek bizonyíthatóan C-glikozidok.

Az alkalmazott szerkezetvizsgálati (tandem tömegspektrometriás) eljárással a három azonosított klorogénsav izomer szerkezetéről nem sikerült további információkat szerezni.

Összefoglalás

Munkánk során a bükklevelek totálfenol-tartalmának és antioxidáns kapacitásának összehasonlító vizsgálatát végeztük el a vegetációs időszak során. Kromatográfiás/tandem tömegspektrometriás eljárással elválasztottuk és azonosított a bükklevél főbb polifenolos vegyületeit. Megállapítottuk, hogy a levelek totálfenol-tartalma általában késő nyáron/kora ősszel volt a legmagasabb. A vegetációs időszak során az összes flavonoid tartalom csökkent, míg az összes flavan-3-ol tartalom nőtt. Az antioxidáns kapacitás értékek nem minden esetben követték ezt a tendenciát. Mivel a DPPH-, FRAP- és ABTS- módszerek alkalmazása során bizonyos (módszerenként eltérő) típusú antioxidánsok „láthatatlanok” maradnak (módszerek eltérő szelektivitása), maximum-értékeik más-más időpontra estek. Ahhoz, hogy megfelelő képet kaphassunk a növényi részek komplex antioxidáns tulajdonságairól fontos az egymást kiegészítő módszerek együttes alkalmazása. A bükk levélben legnagyobb számban és mennyiségben flavan-3-ol vegyületek ((+)-katechin, (-)-epikatechin, procianidin B dimerek, és C trimerek) találhatóak. Ezen kívül kimutattunk klorogénsav izomereket, valamint flavonoid-glikozidokat és egyéb kisebb mennyiségben jelen lévő vegyületeket. Az eredmények hozzájárulhatnak a bükk levélnek mint

biomassának a jövőbeli felhasználásához, a kivont polifenolok sokoldalú hasznosításához, valamint a polifenolok szerepének tisztázáshoz a környezeti stresszfolyamatokban. Jövőbeni céljaink között szerepel, hogy a gyakorlati felhasználás szempontjából is (gombaállóság, más biológiai tesztek) megvizsgáljuk a kivonatokat.

Köszönetnyilvánítás: Jelen publikáció az „EFOP-3.6.1-16-2016-00018 – A felsőoktatási rendszer K+F+I szerepvállalásának növelése intelligens szakosodás által Sopronban és Szombathelyen” című projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BENZIE, I. F. F. – STRAIN, J. J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. – *Anal. Biochem.* 239. 70–76.
- FEUCHT, W. – TREUTTER, D. (1994): Accumulation of flavanols in yellowing beech leaves from forest decline sites. *Tree Physiol.* 14, 403–412.
- IQBAL, S. – BHANGER, M. I. (2006): Effect of season and production location on antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaves grown in Pakistan. - *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 544-551.
- KALITA, P. – Barman, T.K. – Pal, T.K. – Kalita, R. (2013): Estimation of total flavonoids content (TFC) and anti oxidant activities of methanolic whole plant extract of *Biophytum sensitivum* Linn. *J. Drug Deliv. Ther.* 3, 33–37.
- NEBEHAJ, E. – STEFANOVITS-BÁNYAI, É. – HOFMANN T. (2013): Falevelek totálfenol tartalmának és antioxidáns értékének meghatározása különböző fafajok esetében. - NymE, EMK, Kari Tudományos Konferencia, Sopron (H), 2013.12.10, p. 45.
- PIRVU, L. – GRIGORE, A. – BUBUEANU, C. – DRAGHICI, E. – (2013): Comparative analytical and antioxidant activity studies on a series of *Fagus sylvatica* L. leaves extracts. *JPC - J. Planar Chromatogr. - Mod. TLC* 26, 237–242.
- SEN, S. – DE, B. – DEVANNA, N. – CHAKRABORTY, R. (2013): Total phenolic, total flavonoid content, and antioxidant capacity of the leaves of *Meyna spinosa* Roxb., an Indian medicinal plant. *Chin. J. Nat. Med.* 11, 149–157.
- SHARMA, O. P. – BHAT, T. K. (2009): DPPH antioxidant assay revisited. - *Food Chemistry* 113: 1202-1205.
- SINGLETON, V. L. – ROSSI, J. A. (1965): Colometry of total phenolics with phosphomolibdic-phosphotungstic acid reagents. - *American Journal of Enology and Viticulture* 161:144-158.
- STRATIL, P. – KLEJDUS, B. – KUBAN, V. (2007): Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. - *Talanta* 71: 1741-1751.
- TREUTTER, D. (1989): Chemical reaction detection of catechins and proanthocyanidins with 4-dimethylaminocinnamaldehyde. *J. Chromatogr. A* 467, 185–193.