



Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS 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, Czímber 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
Czímber 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, Czímber 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 evapotranszpiráció 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 vagyon-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 élzárési 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
Szőke 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, Szőke Előd, Varga Jenő, Csáki Péter: Agrárerdészeti rendszer talajnedvességének vizsgálata fertődi mintaterületen.....	354

A FAKÉREG ANTIOXIDÁNS TULAJDONSÁGAINAK KIÉRTÉKELÉSE

VISINÉ RAJCZI ESZTER, ALBERT LEVENTE, HOFMANN TAMÁS

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet

visine.rajczi.eszter@uni-sopron.hu

Az élelmiszeripar, a mezőgazdaság és az erdőgazdálkodás melléktermékei ígéretes alapanyagok, mivel kis anyagi ráfordítással beszerezhetők, széles körben felhasználhatók, és újrafelhasználásuk környezeti előnyökkel is jár (VÁZQUEZ et al. 2012). E tekintetben az erdei fák kérge különös jelentőséggel bír (MOLNÁR 2004, PIETARINEN et al. 2006, DIOUF et al. 2009, EKMAN et al. 2013, GHITESCU et al. 2015). A faanyag feldolgozása során globális szinten évente mintegy 300-400 millió m³ fakéreg keletkezik (PÁSZTORY et al. 2016), csak Magyarországon 0,5-0,6 millió m³ (MOLNÁR 2004). A fák kérge jelentős mennyiségben tartalmaz enzimatikus és nem-enzimatikus antioxidánsokat, amelyek nemcsak a fák élő szöveteinek védelmi funkcióit látják el, hanem megfelelő feldolgozás után az emberi egészségre is jótékony hatással lehetnek. A kéreg kivonatok legfontosabb és széles körben alkalmazott antioxidáns vegyületei a polifenolok. Egy felmérés szerint a polifenolok iránti globális piaci kereslet mintegy 6,1 %-os éves szintű növekedést mutat (AMEER et al. 2017).

Kutatásainkban célszerűen kiválasztott magyarországi erdei fafajok (fehér nyár (*Populus alba* L.), fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.), kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* Liebl.), fekete nyár (*Populus nigra* L.), közönséges nyír (*Betula pendula* Roth), európai vörösfenyő (*Larix decidua* Mill.), erdeifenyő (*Pinus sylvestris* L.), vadcsereesznye (*Prunus avium* L.), közönséges gyertyán (*Carpinus betulus* L.) és a szelídgesztenye (*Castanea sativa* Mill.) kérgének összfenol tartalmát és antioxidáns kapacitását mértük és hasonlítottuk össze. Ezek antioxidációs potenciálját korábban nem vizsgálták. A háncsot és a héjkérget külön vizsgáltuk, bár az ipari gyakorlatban a kéreg egésze kerül begyűjtésre. A minták összes polifenol tartalmát Folin-Ciocalteu módszerrel, az antioxidáns kapacitást a FRAP (vas(III)-ion redukáló képességen alapuló), az ABTS (2,2'-azinodi-(3-etilbenzotiazolin)-6-szulfonsav), és a DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil gyök megkötésén alapuló) módszerekkel határoztuk meg. Mivel mindegyik antioxidáns kapacitás meghatározási módszer eltérő szelektivitású az antioxidánsok adott típusaira, az eredményeket egy pontrendszer alkalmazásával egységesítettük és annak alapján értékeltük ki, hogy megkapjuk a minták „összesített” antioxidáns kapacitását (TÁLOS-NEBEHAJ et al. 2017).

A legmagasabb antioxidáns kapacitással rendelkező fajok kérge a jövőben potenciális antioxidáns forrás lehet és felhasználást nyerhet élelmiszeripari termékekben, táplálékkiegészítőkből, egészségügyi- és gyógyászati termékekben.

Anyag és módszer

Mintavétel és feldolgozás

A mintákat a Soproni Tanulmányi Erdőgazdaság Zrt. Soproni Erdészetének állományában lévő faegyedekről vettük. Mivel mindegyik fafaj vizsgált példánya azonos mintaterületről származott, a klimatikus, valamint egyéb környezeti hatások is hasonlóak voltak. A mintavétel során olyan egyedeket választottunk, amelyek érett korúak (mellmagassági törzsátmérőjük 30-50 cm), és egészségesek voltak. Mindegyik fafaj esetében egy reprezentatív törzsről vettünk mintát, közvetlenül a döntés után. A kéreg lehántását 1,5-3 méter közötti magasságból fejsze segítségével végeztük, 5 kg mennyiségben. A mintákat a laboratóriumba szállítás után laborklímán (18 °C-on), sötétben 2 napig szárítottuk. A kéregdarabokról a háncsot és a héjkérget ráspoly segítségével különítettük el. A közönséges gyertyán kérge legtöbbször túl vékony ahhoz, hogy a két réteget pontosan el lehessen választani, ezért gyertyán esetében az egész kérget vizsgáltuk. A kéregmintákból 0,15 g-ot extraháltunk szobahőmérsékleten 15 ml metanol:víz 80:20 v/v% oldószerkeleggyel 20 perces ultrahangos extrakcióval (Elma Transsonic T570 ultrasonic bath,

Elma Schmidbauer GmbH, Singen, Németország). Az extraktumokat 0,45 µm pórusátmérőjű fecskendőszűrőn szűrtük, és felhasználásig barna üvegekben tároltuk -20 °C-on.

Mérési módszerek

Az elvégzett vizsgálatok során 3 párhuzamos meghatározás történt mintánként a Hitachi U-1500 spektrofotométer (Hitachi Ltd., Tokio, Japán) segítségével adott hullámhosszokon. Totál-fenol tartalom meghatározás: Folin - Ciocâlteu módszerrel mértük, standardként kvercetin használtunk. Az eredményeket mg kvercetin/g száraz levélben (mg Q/g sz.a.) adtuk meg (SINGLETON - ROSSI 1965). ABTS antioxidáns kapacitás meghatározás: STRATIL et al. (2007) módszerével 734 nm hullámhosszon, trolox standardet használtunk. Az eredményeket mg trolox /g száraz levél egységben adtuk meg. FRAP antioxidáns kapacitás meghatározás: BENZIE és STRAIN (1996) módszerével 593 nm-en, standardnak aszkorbinsavat alkalmaztunk. Az eredményeket mg aszkorbinsav/g száraz levél egységben adtuk meg. DPPH antioxidáns kapacitás meghatározás: A méréseket SHARMA és BHAT (2009) módszere alapján végeztük el, kisebb módosításokat alkalmazva (HOFMANN et al. 2015b). A DPPH antioxidáns kapacitást IC₅₀ értékben (µg/ml) határoztuk meg. Extraktanyag tartalom meghatározás: A DPPH antioxidáns kapacitás meghatározásához megmértük mindegyik kivonat extraktanyag tartalmát mg/ml egységben. Szárazanyag tartalom meghatározás: A tobozminták szárazanyag tartalmát Ohaus MB23 gyors nedvességtartalom meghatározó mérleggel mértük, a minták tömegállandóságig történő szárításával 105°C- on.

Statisztikai kiértékelés

A varianciaanalízist adott szignifikancia szintek mellett a Statistica 12 software (StatSoft Inc., Tulsa, USA) segítségével végeztük el.

Eredmények és értékelésük

Totálfenol tartalom. Az 1. táblázat a vizsgált fajok héjkérgének és háncsának totálfenol tartalmát tartalmazza. Az 1. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a totálfenol tartalom faj- és szövetfüggő és széles határok között változik. A fehér akác, a kocsánytalan tölgy, a szelídgesztenye, a fekete nyár, fehér nyár és a vörösfenyő héjkérgének polifenol tartalma magasabb mint a háncsé, a vadcseresznye, a közönséges nyír és az erdeifenyőé alacsonyabb.

1. táblázat. Totálfenol tartalom a héjkéreg és a háncs szövetekben.

Fafaj	Totálfenol (mg Q/g sz.a.)	
	Héjkéreg	Háncs
Közönséges gyertyán	25,2 ± 0,63 ^{ab}	25,2 ± 0,63 ^b
Fehér akác	29,4 ± 3,13 ^b	9,9 ± 0,05 ^a
Kocsánytalan tölgy	71,6 ± 1,20 ^d	46,2 ± 1,39 ^d
Vadcseresznye	70,0 ± 2,43 ^d	139,0 ± 4,00^h
Szelídgesztenye	89,0 ± 3,90^e	61,4 ± 1,73 ^c
Fekete nyár	52,8 ± 2,83 ^c	36,3 ± 0,51 ^c
Fehér nyár	49,2 ± 1,35 ^c	44,1 ± 1,71 ^d
Közönséges nyír	57,3 ± 6,21 ^c	76,6 ± 0,54 ^f
Vörösfenyő	121,0 ± 4,11^f	106,9 ± 0,70^g
Erdeifenyő	16,4 ± 3,32 ^a	76,2 ± 3,15 ^f

Az eredmények feltüntetése átlagérték ± szórás formában történt. Adott oszlopon belül a felső indexben lévő különböző betűk szignifikáns különbséget jeleznek p < 0,02 szinten. A félkövérrel kiemelt értékek a legjobb totálfenol értékeket mutatják.

A héjkéreg összevetésénél legmagasabb totálfenol értékeket a vörösfenyő (121,0 mg Q/g sz.a.) és a szelídgesztenye (89,0 mg Q/g sz.a.) esetében találtunk, míg a háncsoknál a vadcseresznye-nél (139,0 mg Q/g sz.a.) és a vörösfenyőnél (106,9 mg Q/g sz.a.). Az eredmények alapján a vörösfenyő, a szelídgesztenye a vadcseresznye kérge a jövőben potenciális antioxidáns forrás

lehet. Ezt alátámasztja az is, hogy TÁLOS-NEBEHAJ ET AL. (2018) magas flavan-3-ol tartalmat mértek a vörösfenyő héjkérgében (20,0 mg (+)-katechin/g sz.a.), és magas flavonoid koncentrációt (4,81 mg Q/g sz.a.) a szelídgesztenye héjkérgében.

A héjkéreg DPPH, FRAP és ABTS antioxidáns kapacitásának mérési eredményeit a 2. táblázat tartalmazza, a háncs szövetek eredményei a 3. táblázatban szerepelnek.

2. táblázat. A héjkéregből készült extraktumok antioxidáns kapacitása.

Fafaj	Héjkéreg		
	DPPH (IC ₅₀ , µg/ml) <i>p</i> < 0,02	FRAP (mg AS/ g sz.a.) <i>p</i> < 0,05	ABTS (mg T/g sz.a.) <i>p</i> < 0,01
Közönséges gyertyán	6,2 ± 0,26 ^{cd}	30,1 ± 1,01 ^d	86,1 ± 0,81 ^{ab}
Fehér akác	5,1 ± 0,46 ^c	19,5 ± 0,86 ^b	103,3 ± 5,85 ^b
Kocsánytalan tölgy	4,0 ± 0,10^b	29,3 ± 0,76 ^d	86,5 ± 9,19 ^{ab}
Vadcseresznye	12,0 ± 0,32 ^{ef}	35,9 ± 0,89 ^e	207,7 ± 7,71 ^d
Szelídgesztenye	2,8 ± 0,11^a	82,8 ± 0,71^g	320,1 ± 5,73^e
Fekete nyár	30,2 ± 2,89 ^g	18,3 ± 0,62 ^b	154,7 ± 10,75 ^c
Fehér nyár	6,9 ± 0,60 ^d	38,1 ± 1,38 ^c	153,9 ± 2,53 ^c
Közönséges nyír	12,8 ± 0,06 ^f	23,4 ± 0,30 ^c	205,2 ± 17,13 ^d
Vörösfenyő	5,8 ± 0,16 ^{cd}	51,4 ± 2,06^f	371,5 ± 18,53^f
Erdeifenyő	11,20 ± 0,61 ^c	10,9 ± 0,62 ^a	61,7 ± 4,37 ^a

Az eredmények feltüntetése átlagérték ± szórás formában történt. Adott oszlopon belül a felső indexben lévő kisbetűk szignifikáns különbséget jeleznek. A félkövérrel kiemelt értékek a legjobb antioxidáns kapacitás értékeket mutatják.

Legmagasabb DPPH antioxidáns kapacitást (legalacsonyabb IC₅₀ érték) a szelídgesztenye és a kocsánytalan tölgy héjkérgének extraktumaiból, míg a legalacsonyabbat a fekete nyár extraktumaiból mértünk.

A legmagasabb FRAP antioxidáns kapacitással a szelídgesztenye és a vörösfenyő héjkéreg extraktumok rendelkeznek, a kocsánytalan tölgy mérsékelt aktivitást mutat, míg a legalacsonyabb aktivitással a fekete nyár, a fehér akác és az erdeifenyő rendelkezik. A legnagyobb ABTS kapacitást a vörösfenyő és a szelídgesztenye minták, míg a legalacsonyabb értékeket az erdeifenyő és a gyertyán kivonatok mutatták.

A háncs szövetek kivonataiban a vadcseresznye, a kocsánytalan tölgy és a szelídgesztenye mutatta a legmagasabb DPPH aktivitást, míg a fehér akác és a fekete nyár a vizsgálati szempontból a legrosszabban teljesítő fajnak bizonyult (3. táblázat). Fontos megállapítás, hogy miközben a kocsánytalan tölgy a legjobb DPPH antioxidáns kapacitást mutatja (4,6 ± 0,13 µg/ml), csak közepes totálfenol tartalommal rendelkezik (46,2 ± 1,39 mg Q/g sz.a.). A vadcseresznye, a szelídgesztenye és a vörösfenyő háncs szöveteinek kivonatai a legmagasabb FRAP értékeket mutatták, míg a fekete nyár szövetei a legalacsonyabbat.

Az ABTS módszerrel vizsgált háncs szövetek közül a vadcseresznye kiugróan magas antioxidáns kapacitást mutatott (533,3 ± 11,2 mg T/g sz.a.), ami majdnem duplája a szelídgesztenye értékének (264,7 ± 13,9 mg T/g sz.a.). A vörösfenyő és a nyír is kitűnő ABTS kapacitással bír, míg a fekete nyár, a fehér akác és a gyertyán alacsony ABTS antioxidáns értékeket mutatott.

A mérési eredmények azt is bizonyítják, hogy a különböző antioxidáns kapacitás meghatározási módszerek eltérő eredményekre vezetnek, mivel különböző szelektivitásúak az antioxidánsok egyes típusaira.

Összehasonlítottuk a szakirodalom alapján a vizsgált fajok antioxidáns kapacitását más fajokéval. Az alkalmazott módszerek eltérő szelektivitása miatt csak az azonos módszerrel nyert eredményeket vetettük össze. A DPPH antioxidáns kapacitás mérése során HOFMANN et al. (2015a,b) a bükk háncs szöveteiből 11,12 ± 0,90 µg/ml értéket, GAO et al. (2007) az oregoni hamisciprus (*Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murr.) Parl.) mindkét kéregrészt vizsgálva 10,31 és 19,87 µg/ml-t értéket közölt. NORIEGA et al. (2015) a vörös kína (Cinchona

pubescens (Vahl)) 42,00 µg/ml DPPH antioxidáns kapacitást mért, amely összehasonlítható a fekete nyár háncs szöveiteinek értékével (44,0 ± 2,41 µg/ml). A *Pinus cembra* L. kérgének DPPH antioxidáns kapacitása 71,1 µg/ml (APETREI et al. (2011), a *Casuarina equisetifolia*-é 101,69 (ZHANG et al. 2010) bizonyult.

3. táblázat. A háncsból készült extraktumok antioxidáns kapacitásai.

Fafaj	Háncs		
	DPPH	FRAP	ABTS
	(IC ₅₀ , µg/ml)	(mg AS/ g sz.a.)	(mg T/g sz.a.)
	<i>p</i> < 0,05	<i>p</i> < 0,03	<i>p</i> < 0,05
Közönséges gyertyán	6,2 ± 0,26 ^b	30,1 ± 1,01 ^b	86,1 ± 0,81 ^a
Fehér akác	13,3 ± 1,88 ^f	13,6 ± 0,12 ^a	63,7 ± 2,72 ^a
Kocsánytalan tölgy	4,6 ± 0,13^a	44,5 ± 0,12 ^c	138,4 ± 7,91 ^b
Vadcsereesznye	4,7 ± 0,05^a	80,1 ± 3,98^f	533,3 ± 11,20^g
Szelídgesztenye	4,8 ± 0,17^a	70,9 ± 3,47^e	264,7 ± 13,91 ^d
Fekete nyár	44,0 ± 2,41 ^g	17,6 ± 0,27 ^a	94,7 ± 4,48 ^a
Fehér nyár	8,8 ± 0,27 ^c	34,6 ± 0,40 ^b	143,2 ± 4,31 ^b
Közönséges nyír	6,6 ± 0,22 ^{bc}	32,9 ± 2,23 ^b	300,4 ± 10,53^e
Vörösfenyő	6,7 ± 0,04 ^c	62,3 ± 3,58^d	345,6 ± 9,28^f
Erdeifenyő	7,2 ± 0,09 ^d	42,4 ± 2,66 ^c	219,0 ± 13,98 ^c

Az eredmények feltüntetése átlagérték ± szórás formában történt. Adott oszlopon belül a felső indexben lévő kisbetűk szignifikáns különbséget jeleznek. A félkövérrel kiemelt értékek a legjobb antioxidáns kapacitás értékeket mutatják.

A különböző módszerekkel nyert antioxidáns kapacitásokat egy pontrendszer segítségével összegeztük, majd az összesített eredmények alapján értékeltünk. A három alkalmazott módszerrel mért értékeket 0-1 tartományra normalizáltuk (0 pontot kapott az a minta, amely a legkisebb antioxidáns kapacitással, míg 1-et amelyik a legnagyobbval rendelkezett). A DPPH esetében fordított számozást alkalmaztunk. A köztes értékeket lineáris interpolációval számoltuk ki. A különböző antioxidáns kapacitások normalizált értékeit mintánként összegeztük, így a maximálisan elérhető pontszám egy minta esetében 3 volt. A 4. táblázat tartalmazza a minták összesített pontszámait.

4. táblázat. Az antioxidáns kapacitások (DPPH, FRAP és ABTS) pontrendszer alapján történt kiértékelésének és összesítésének eredménye.

Fafaj	Háncs				Héjkéreg				Összpont
	DPPH	FRAP	ABTS	Össz	DPPH	FRAP	ABTS	Össz	
Szelídgesztenye	0,99	0,86	0,43	2,28	1,00	1,00	0,83	2,83	5,12
Vörösfenyő	0,95	0,73	0,60	2,28	0,89	0,56	1,00	2,45	4,73
Vadcsereesznye	1,00	1,00	1,00	3,00	0,66	0,35	0,47	1,48	4,48
Közönséges nyír	0,95	0,29	0,50	1,74	0,60	0,17	0,46	1,24	2,98
Kocsánytalan tölgy	1,00	0,46	0,16	1,62	0,96	0,26	0,08	1,29	2,92
Fehér nyár	0,89	0,32	0,17	1,38	0,85	0,37	0,30	1,52	2,89
Közönséges gyertyán	0,96	0,25	0,05	1,25	0,88	0,27	0,08	1,22	2,48
Erdeifenyő	0,93	0,43	0,33	1,70	0,69	0,00	0,00	0,69	2,39
Fehér akác	0,78	0,00	0,00	0,78	0,92	0,12	0,13	1,17	1,95
Fekete nyár	0,00	0,06	0,07	0,13	0,00	0,10	0,30	0,40	0,53

Megállapítható, hogy az antioxidáns kapacitás fafajfüggő és fajonként jelentős eltérést mutat. Egyes fajoknál a háncs, másoknál a héjkéreg antioxidáns kapacitása magasabb. A vizsgált fajok háncsai közül a vadcsereesznye (3,00), a szelídgesztenye és a vörösfenyő (2,28), héjkérgéi közül pedig a szelídgesztenye (2,83) és a vörösfenyő (2,45) extraktumai rendelkeznek a legmagasabb antioxidáns tulajdonságokkal.

A háncs és a héjkéreg minták eredményeit fafajonként egyesítve a legjobban teljesítő fajok a szelídgesztenye > vörösfenyő > vadcserezsnye. A legalacsonyabb antioxidáns kapacitással rendelkező fajok az erdeifenyő > fehér akác > fekete nyár.

Összefoglalás

Kiválasztott magyarországi erdei fajok kérgének totálfenol tartalmát és antioxidáns tulajdonságait hasonlítottuk össze. Az antioxidáns kapacitás meghatározásánál külön vizsgáltuk a háncs és a héjkéreg szöveteket. A pontosság érdekében három antioxidáns kapacitás meghatározási módszert használtunk, és a FRAP, DPPH és ABTS módszerrel meghatározott értékeket egy pontrendszer segítségével összesítve hasonlítottuk össze.

Mérésekkel bizonyítottuk azt a (valószínűsíthető) tényt, hogy a totálfenol tartalom és az antioxidáns kapacitás fafajfüggő és széles határok között változik. Különböznek a háncs és héjkéreg szövetek antioxidáns kapacitásai is. A vizsgált fajok közül legmagasabb antioxidáns kapacitással a vadcserezsnye háncs szövetei és a szelídgesztenye héjkérge rendelkezik.

A háncs és a héjkéreg minták antioxidáns kapacitásait fafajonként összeadva a következő sorrendet állítottuk fel: szelídgesztenye > vörösfenyő > vadcserezsnye. A legalacsonyabb antioxidáns kapacitással rendelkező fajok az erdeifenyő > fehér akác > fekete nyár.

A szakirodalomban általában alkalmazott DPPH módszerrel nyert eredmények alapján összehasonlítottuk az általunk vizsgált fajok antioxidáns kapacitását más fajokéval. Megállapítottuk, hogy vizsgált fajok DPPH antioxidáns kapacitása a szakirodalmi adatokkal nagyságrendileg megegyezik.

A kutatási eredmények azt bizonyítják, hogy vizsgált fajok közül elsősorban a szelídgesztenye, a vörösfenyő és a vadcserezsnye kérge élelmiszeripari termékekben, táplálékkiegészítőkben, egészségügyi- és gyógyászati termékekben felhasználható természetes antioxidánsok potenciális forrása lehet.

További kutatásokra sarkall a fehér nyár ($6,9 \pm 0,60 \mu\text{g/ml}$) és a fekete nyár ($30,2 \pm 2,89 \mu\text{g/ml}$) DPPH antioxidáns kapacitása közötti jelentős különbség értelmezése. A mintákban lévő fenoloidok szétválasztására és a komponensek (vagy frakciók) antioxidáns kapacitásának külön mérésére lesz szükség annak értelmezéséhez is, hogy miért mutat a legmagasabb totálfenol tartalommal rendelkező vadcserezsnye ($70,0 \pm 2,43 \text{ mg Q/g sz.a.}$) csak mérsékelt DPPH IC_{50} értéket ($12,0 \pm 0,32 \mu\text{g/ml}$), míg a fehér akác héjkéreg mintáiban alacsony totálfenol tartalom ($29,4 \pm 3,13 \text{ mg Q/g sz.a.}$) mellett meglehetősen magas a DPPH antioxidáns kapacitás ($5,1 \pm 0,46 \mu\text{g/ml}$).

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, valamint az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíjának támogatásával készült.

Irodalomjegyzék

- AMEER, K., SHAHBAZ, H.M., KWON, J.H. (2017): Green extraction methods for polyphenols from plant matrices and their byproducts: a review. *Compr. Rev. Food. Sci. Food Saf. Banner* 16 (2): 295–315.
- APETREI, C.L., TUCHILUS, C., APROTOSAIE, A.C., OPREA, A., MALTERUD, K.E., MIRON, A. (2011): Chemical, antioxidant and antimicrobial investigations of *Pinus cembra* L. bark and needles. *Molecules* 16 (9): 7773–7788.
- 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.
- DIOUF, P.N., STEVANOVIC, T., CLOUTIER, A. (2009): Study on chemical composition, antioxidant, anti-inflammatory activities of hot water extract from *Picea mariana* bark and its proanthocyanidin-rich fractions. *Food Chem.* 113: 897–902.

- EKMAN, A., CAMPOS, M., LINDAHL, S., CO, M., BÖRJESSON, P., NORDBERG KARLSSON, E., TURNER, C. (2013): Bioresource utilisation by sustainable technologies in new value added biorefinery concepts – two case studies from food and forest industry. *J. Clean. Prod.* 57: 46–58.
- GAO, H., SHUPE, T.F., EBERHARDT, T.L., HSE, C.Y. (2007): Antioxidant activity of extracts from the wood and bark of Port Orford cedar. *J. Wood Sci.* 53: 147–152.
- GHITESCU, R.E., VOLF, I., CARAUSU, C., BÜHLMANN, A.M., GILCA, I.A., POPA, V.I. (2015): Optimization of ultrasound-assisted extraction of polyphenols from sprucewood bark. *Ultrason. Sonochem.* 22: 535–541.
- HOFMANN, T., NEBEHAJ, E., ALBERT, L. (2015a): The high-performance liquid chromatography/multi-stage electrospray mass spectrometric investigation and extraction optimization of beech (*Fagus sylvatica* L.) bark polyphenols. *J. Chromatogr. A.* 1393: 96–105.
- HOFMANN, T., NEBEHAJ, E., STEFANOVITS-BÁNYAI, E., ALBERT, L. (2015b): Antioxidant capacity and total phenol content of beech (*Fagus sylvatica* L.) bark extracts. *Ind. Crop. Prod.* 77: 375–381.
- HOFMANN, T., TÁLOS-NEBEHAJ, E., ALBERT, L., NEMETH, L. (2017): Antioxidant efficiency of beech (*Fagus sylvatica* L.) bark polyphenols assessed by chemometric methods. *Ind. Crop. Prod.* 108: 26–35.
- MOLNÁR, S. (szerk.) (2004): Faanyagismeret. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- NORIEGA, P., SOLA, M., BARUKCIC, A., GARCIA, K., OSORIO, E. (2015): Cosmetic antioxidant potential of extracts from species of the *Cinchona pubescens* (Vahl). *Int. J. Phytocosmetics Nat. Ingrid.* 2 (1): 14.
- PÁSZTORY, Z., MOHÁCSI-RONYECZ, I., GORBACHEVA, G., BÖRCÖK, Z. (2016): The utilization of tree bark. *Bioresources.com* 11 (3): 7859–7888.
- PIETARINEN, S.P., WILLFÖR, S.M., AHOTUPA, M.O., HEMMING, J.E., HOLMBOM, B.R. (2006): Knotwood and bark extracts: strong antioxidants from waste materials. *J. Wood Sci.* 52: 436–444.
- SHARMA, O.P., BHAT, T.K. (2009): DPPH antioxidant assay revisited. *Food Chem.* 113: 1202–1205.
- SINGLETON, V.L., ROSSI, J.A. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 161: 144–158.
- TÁLOS-NEBEHAJ, E., ALBERT, L., VISI-RAJCSI, E., HOFMANN, T. (2018): Complex assessment of the antioxidant capacity and polyphenol content of wood bark. *In: Németh, R., Teischinger, A., Rademacher, P., Bak, M. (eds.) 8th Hardwood Conference – With Special Focus On “New Aspects of Hardwood Utilization – from Science to Technology”, Sopron, Hungary. University of Sopron Press. pp. 48–49.*
- TÁLOS-NEBEHAJ, E., HOFMANN, T., ALBERT, L. (2017): Seasonal changes of natural antioxidant content in the leaves of Hungarian forest trees. *Ind. Crop. Prod.* 98: 53–59.
- VÁZQUEZ, G., SANTOS, J., FREIRE, M., ANTORRENA, G., GONZÁLEZ-ÁLVAREZ, J. (2012): Extraction of antioxidants from eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) bark. *Wood Sci. Technol.* 46: 443–457.
- ZHANG, S.J., LIN, Y.M., ZHOU, H.C., WEI, S.D., LIN, G.H., YE, G.F. (2010): Antioxidant tannins from stem bark and fine root of *Casuarina equisetifolia*. *Molecules* 15 (8): 5658–5670.