

Néhány homoktövis (*Hippophae rhamnoides* L.) fajta beltartalmi paramétereinek és antioxidáns aktivitásának értékelése

FICZEK GITTA¹, FURULYÁS DIÁNA², RENTSENDAVAA CHAGNAADORJ²,
FROEMEL-HAJNAL VERONIKA¹, SIMON GERGELY¹, VÉGVÁRI GYÖRGY^{1,3},
STÉGERNÉ MÁTÉ MÓNIKA²

¹ Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Gyümölcsstermő Növények Tanszék

² Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Konzervtechnológiai Tanszék

³ Kaposvári Egyetem, Élettani, Biokémiai és Állategészségügyi Intézet

E-mail: vegvari.gyorgy@ke.hu

Összefoglalás

A homoktövis biológiailag aktív komponensekben gazdag gyümölcs, mely egészségvédő hatása miatt funkcionalitással rendelkező élelmiszerek alapanyaga lehet. Meghatároztuk három homoktövis fajta (Askola, Leikora, Orangevaja) gyümölcsminőségi tulajdonságait fizikokémiai jellemzők (refrakció, titrálható savtartalom, cukor/sav arány, szénhidrátösszetétel), valamint antioxidáns paraméterek (összes polifenoltartalom, FRAP, DPPH, β -karotintartalom, fenolos vegyületek) alapján. Szignifikáns különbséget tapasztaltunk a fajták refrakciójában (5,6-7,9 °Brix) és titrálható savtartalmában (2,35-3,07%), de a cukor/sav arányban (2,41-2,57) statisztikailag igazolható különbség nem volt. A vizsgált fajták fő szénhidrát komponense a glükóz (9,56-12,9 mg/l) volt, amely mellett fruktózt (1,39-5,4 mg/l) és mannitolt (1,77-9,24 mg/l) is detektáltunk. A vizsgált fajták antioxidáns státusza jól jellemezhető a TPC (186-381 mg GSE/100g), DPPH (60,37-79,1 μ g TE/l), FRAP (3335-4887 μ g ASE/ml) és a β -karotin tartalommal (0,37-0,92 mg/ml), azonban a fajták antioxidáns paraméterei között szoros összefüggést nem tudtunk kimutatni. Meghatároztuk homoktövis genotípusok gyümölcsseinek kvercetin származékait, úgy mint rutin (22,12-27,52 mg/100g), kvercitrin (50,19-57,72 mg/100g), kvercetin dihidrát (5,11-6,45 mg/100g), kvercitrin hidrát (1,59-3,34 mg/100g) mennyiségét, valamint a fahéjsav (78,18-88,93 μ g/100g) és epikatechin (456,73-488,05 mg/100g) tartalmát. Megállapítottuk, hogy a genotípus hatást gyakorol az antioxidáns aktivitással összefüggésbe hozható komponensek mennyiségére. A Leikora és az Orangevaja fajtákat gyümölcsminőségi tulajdonságaik alapján javasoljuk funkcionalitással rendelkező termék nyersanyagaként való felhasználásra.

Kulcsszavak: homoktövis (*Hippophae rhamnoides* L.) fajták, antioxidáns paraméterek, egészségvédő érték, spektrofotométer, HPLC

Bevezetés

A homoktövis (*Hippophae rhamnoides* L.) lombhullató cserje, az *Eleagnaceae* családba tartozik. Terméseit már az ókorban is gyűjtötték, de termesztésbe vonása csak a XX. század elején kezdődött. Napjainkban a homoktövis bogyóit friss formában nem fogyasztjuk, de biológiailag aktív hatóanyagtartalmának köszönhetően egyre fokozódó fogyasztói érdeklődés figyelhető meg a homoktövisből készült termékek iránt és ezzel párhuzamosan egyre bővül az élelmiszeripari célú hasznosítása.

Biológiailag aktív vegyületei, magas C-vitamin-, flavonoid-, karotinoid- és tokoferol-tartalma miatt a homoktövis a funkcionalitással rendelkező élelmiszerek kiváló alapanyaga (Surykumar és Gupta 2011; Christaki 2012; Krejcarová et al. 2015). Ősidők óta használják gyógyászati célokra, azonban gyógyhatását először Gurevich (1956) bizonyította, és azóta számos cikk jelent meg az emberi egészségre gyakorolt jótékony hatásáról. Számos olyan általános betegség, mint a cukorbetegség (Wang et al. 2008; Kim 2013), gyomorfekély (Xing et al. 2002; Xu et al. 2007; Huff et al. 2012), valamint a szív- és érrendszeri betegségek ellen hatékonynak bizonyult (Sayegh et al. 2014), de ismert sebgyógyító (Upadhyay et al. 2009; Upadhyay et al. 2011; Edraki et al. 2014) és daganatellenes (Li et al. 2014; Ali és Ahmad 2015; Chakraborty et al. 2015) hatása is.

A homoktövis a legszélsőségesebb környezeti feltételeket is jól tűri, széles körben használják díszítő értéke miatt, valamint homoktalajok megkötésére (Rongsen 2001). Ezen túlmenően egyre növekszik az érdeklődés a bioaktív vegyületekben gazdag egészségmegőrző élelmiszerek iránt, amelyeknek a homoktövis fajták gyümölcse kiváló alapanyaga lehet. Ezért napjainkban a homoktövis termesztés egyre perspektivikusabb. A fajtaválasztásnál a gyümölcs méretét, színét és textúráját, valamint a könnyebb betakarítást lehetővé tevő tulajdonságokat mind figyelembe kell venni, de különös figyelmet kell fordítani a fajták termésének kémiai összetételére, mivel a homoktövis fajtákat elsősorban a gyümölcs bioaktív vegyületei miatt termesztik (Shalkievich et al. 2009). A homoktövis genetikai sokfélesége igen nagy, és ennek megfelelően az egyes fajták biológiailag aktív hatóanyagtartalmában is nagy eltérések lehetnek. Jelenleg kevés adat áll rendelkezésünkre a termesztett fajták biológiailag aktív anyagairól. Annak érdekében, hogy megfelelő képet kapjunk a fajták egészségvédő értékéről, és tisztázni lehessen felhasználási lehetőségeket, elengedhetetlen az egyes genotípusok gyümölcseinek széleskörű analízise.

Jelen tanulmány célja a termesztésben jelentős három homoktövis fajta egészségvédő értékének jellemzése a gyümölcs széleskörű analízise alapján.

Anyag és módszer

Növényi anyag

Jelen kutatásunk során három homoktövis fajta (*Hippophae rhamnoides* L.), a német nemesítésű 'Leikora' és az 'Askola', valamint a szibériai 'Orangevaja' fajta (1. táblázat) gyümölcsseit vizsgáltuk. A kutatási anyag a fajszi telephelyű (É.sz. 46° 25' 05", K.h. 18° 55' 08") Bio Berta Kft. ültetvényéből származott. Az ültetvényt 1994-ben a Duna karbonátos réti öntéstalaján kialakult, homokos vályog talajon telepítették. A bogyókat, a teljes érettség állapotában, mikor a fajtára jellemző színt elérték, kézzel szüreteltük. Mivel a kocsány nehezen vált el a hajtástól, a bogyókat a lemetszett ágakról metszőollóval egyenként távolítottuk el. A gyümölcsmintákat

(3 kg/fajta) a szüretet követően azonnal laboratóriumba szállítottuk, ahol a mintákat kézi mixerrel homogenizáltuk és a műszeres mérésekig $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on fagyaszta tároltuk. Felengedetést követően a fizikokémiai paramétereiket, valamint az antioxidáns jellemzőket három ismétlésben mértük.

1. táblázat. A vizsgált homoktövis fajták jellemzése

Fajta (1)	Származás (2)	Termés tömeg (g) (3)	Termésszín (4)	Érés idő (5)
Askola	Németország	0,23-0,30	sötét narancssárga	augusztus vége
Leikora	Németország	0,23-0,30	fényes narancssárga	szeptember-október
Orangevaja	Oroszország	0,45-0,60	pirosas narancssárga	augusztus eleje

Table 1. Characteristics of the three sea buckthorn cultivars. (1) cultivar, (2) origin, (3) size (g/berry), (4) berry color, (5) ripening time

Fizikokémiai paraméterek

A **refrakciót** a homogén, szűrt gyümölcsléből, a Codex Alimentarius 3-1-558/93 előírás szerint digitális refraktométerrel $^{\circ}\text{Brix}$ -ban (g/100g) határoztuk meg. A **titrálható savtartalom** az MSZ EN 12147:1998 magyar szabványnak megfelelően lett meghatározva. Az összes savtartalmat (m/m%) almasav egyenértékben adtuk meg. A **cukor/sav arány** a vízdoldható szárazanyag tartalom és a titrálható savtartalom hányadosából számított érték.

Spektrofotometriás módszerek

A **polifenol-tartalmat** Folin-Ciocalteu reagens jelenlétében Singleton és Rossi (1965) módszere alapján $\lambda=765\text{ nm}$ mértük, az eredményeket galluszsavra felvett kalibrációs görbe alapján mg galluszsav/liter (mg GSE/l) dimenzióban adtuk meg. A **vízdoldható antioxidáns-kapacitás** (FRAP) meghatározására Benzie és Strain (1996) módosított módszerét használtuk. Az abszorbanciát 593 nm-en mértük és aszkorbinsavval készített kalibrációs görbe segítségével határozzuk meg mmol aszkorbinsav/liter ($\mu\text{g ASE/ml}$) dimenzióban. A **hidrogendonor aktivitást** 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) stabil szabadgyökkel szembeni semlegesítő hatást Blois (1958) módszerével mértük, Hatano és mts. (1988) által javasolt módosítások figyelembevételével. Az abszorbanciát spektrofotométerrel ($\lambda=517\text{ nm}$) határoztuk meg. Az eredményeket a gátlás %-ban trolox kalibrációs görbe alapján trolox egyenértékben (TE%) adtuk meg.

HPLC módszerek

A szénhidráttartalom minőségi és mennyiségi meghatározása

5g mintát 50 ml-es Falcon csöbe tettünk és 20 ml desztillált vizet adtunk hozzá majd Büchler SM-30 rázógéppel (Edmund Büchler GmbH, Hechingen, Németország) 200 percenkénti fordulaton 4 órán keresztül ráztattuk. A HPLC analízishez ezt követően 1 ml felülúszót pipettáztunk 1,5 ml-es Eppendorf csövekbe és centrifugáltuk (Hettich 23R, Andreas Hettich GmbH és Co.KG, Tut-

lingen, Németország) 5 percig 15 000 fordulat/perc sebességgel. Ezután a HPLC analízishez 1 ml felülúszót pipettáztunk és szűrtünk MILEX®-HN szűrővel (SLHN 013 NL, 0,45 µm, Millipore Ltd., 290 Concord Road, Billerica, MA 01921, USA). A méréseket háromszor ismételtük meg.

D-glükóz [50-99-7], D-fruktóz [57-48-7] és D-mannitol [69-65-8], analitikai minőségű HPLC-standardokat használtunk (Sigma-Aldrich Chemical Co. St. Louis, MO 63103, USA). A standardokat kétszer desztillált vízben oldottuk 0,01 g/50 ml koncentrációban, és ezen oldatok 1:50 hígítását alkalmaztuk a HPLC elemzéshez.

HPLC körülmények: A HPLC berendezés (Waters Corporation, Maple Street 34, Milford, MA 01757, USA) a következő hardverekből állt: 2414 Refraction Index Detector, 1525 bináris HPLC szivattyú, oszlopfűtés és 717plus automatikus injektor. A berendezést az EMPOWER™ 2 szoftver vezérelte.

A cukrokat Sugar-Pak™ oszlopon (Sugar-Pak I oszlop 10 µm, 6,5 mm x 300 mm) elválasztottuk és 90 °C-os termosztátba helyeztük. A mozgófázis Ca-EDTA CAS szám [304695-78-1] 0,0001 M vizes oldata volt. Az áramlási sebesség 0,5 ml min⁻¹ volt, ami 450±10 psi nyomást eredményezett az oszlopon. A kromatogram futási idejét 30 percre állítottuk be. Az injektált minta mennyisége 20 µl volt. A retenció idő glükóz esetén ca. 10,292 perc, a fruktóz esetében 11,300 perc, a mannitol esetében 12,191 perc volt.

Fenolos komponensek azonosítása és mennyiségi meghatározása

A fenolos vegyületek, a rutin [153-18-4], epikatechin [490-46-0], kvercitrin [522-12-3], kvercetin-dihidrát [6151-25-3], kvercetin-hidrát analitikai HPLC-szintű standardjai [849061-97-8] és az oldószerek sósav, butilált hidroxil-toluol (BHT) és metanol (MeOH) a Sigma Aldrich Chemical Co.-tól (St. Louis, MO, USA) származtak. A standardokat (0,5 g/ml) feloldottuk 1% HCl-t és 1% BHT-t tartalmazó metanolban, és HPLC-s méréshez 100-szoros hígítást használtunk.

1 g mintát 10 ml metanolban (1% HCl-t és 1% BHT) extraháltunk 12 órán keresztül sötétben, 4 °C-on, Edmund Bühler SM 30 kontroll rázógépen (200 fordulat / perc). A felülúszót dekantáltuk, és Eppendorf csövekben Hettich Mikro 22R centrifugában (15000 fordulat/perc, 5 percig) centrifugáltuk. A felülúszót 0,45 µm-es MILLEX® HV (SLHV 013 NL, PVDF Durapore) szűrőn szűrtük, (Millipore Co., Bedford, MA, USA), és befecskendeztük a HPLC berendezésbe. Az egyes fenolos vegyületek mennyiségét µg/g-ban adjuk meg.

A WATERS HPLC-t a Waters Co.-tól (Maple Street, 34, Milford, MA, USA) vásároltuk meg 2487 dual λ abszorbanciadetektorral, 1525 bináris HPLC szivattyúval és soros gáztalanítóval, oszloptermosztáttal (40 °C) és egy 717plus automatikus mintavevő (5 °C-ra beállítva), és az EMPOWER™2 szoftver segítségével vezéreltük. A szétválasztás KINETEX C18 2,6 µm 150 × 4,6 mm oszlopon (Phenomenex, 411 Madrid Avenue Torrance, CA 90501-1430 USA) történt. A gradiens mozgófázis A: H₂O: MeOH: H₃PO₄ = 940: 50: 1, B: MeOH (0-30 perc: A 100%-10%, 30-30,1 perc: 10%-100%, 30,1-31: 100%) 1 cm³ / perc áramlási sebességgel, az oszlop nyomása 4200 ± 10 psi volt, az oszlop hőmérséklete 30 °C. A futási idő 25 perc volt. Minden injektált térfogat 20 µl volt. A mintavételi sebesség 10pt / perc volt, és a fenolos komponenseket 280 nm hullámhosszon detektáltuk. A standardok retenció ideje: rutin (28,8 perc), kvercitrin (24,4 perc), kvercetin-dihidrát (22,26 perc), kvercetin-hidrát (22,83 perc), epikatechin (15,76 perc).

β -karotin azonosítása és mennyiségi meghatározása

A β -karotin standardot (CAS-szám: [7235-40-7]) és az összes analitikai HPLC minőségű oldószert [metanol (MeOH), acetonitril (ACN), tetrahidrofuran (THF)] a Sigma Aldrich Chemical Co.-tól (USA) vásároltuk. A törzsoldatot β -karotin-standardból állítottuk elő; 0,0916 mg β -karotint feloldunk 1 ml THF-ben, majd tízszeresére hígítottuk ACN: MeOH: THF keverékben (50: 45: 5, V / V / V), mielőtt a HPLC oszlopra injektáltuk.

A karotinoidok extrahálását 5 g homoktövisből 15 ml THF-fel 12 órán át + 4 °C-on végeztük Edmund Büchler SM 30-kontroll-rázógéppel (Hechingen, Németország) 150 fordulat/perc sebességgel. A felülúszót 1,5 ml-es Eppendorf-csővekbe dekantáltuk és 15 000 fordulat/perc sebességgel centrifugáltuk (Hettich Mikro 22R centrifuga, Tuttingen, Németország) 5 percig -5 °C-on.

A felülúszót átszűrtük 0,45 μ m-es Millex HN (SLHV 013 NL, PVDF Durapore, Millipore Co., Billerica, MA, USA) szűrőn, és végül injektáljuk a HPLC-re. Mindegyik extrakciót három ismétlésben készítettük el.

A WATERS Co. (USA) HPLC műszer tartalmazza a 2487 duál abszorbanciadetektort (analitikai hullámhossz: 450 nm), 1525 bináris HPLC szivattyút (a mintatartó hőmérséklete + 5 °C-ra állítva), az oszloptermosztátot (30 °C-ra állítva), soros gázalanító AF és 717 plusz automatikus mintavevő (a mintatartó hőmérséklete 5 °C-ra van beállítva). Az elemzés vezérléséhez az EMPOWER TM2 szoftvert használtuk. Az oszlop típusa SYMMETRY C18, 5 μ m, 4,6 x 150 mm. Az oszlopra nyomás 11,55 \pm 0,07 MPa volt, az oszlopba injektált térfogat pedig 20 μ l. A mobil fázisra vonatkozó feltételeket Bushway után módosítottuk (Bushway 1986). Az eluálószerként ACN: MeOH: THF (50: 45: 5, V / V / V) elegyét használtuk 1 ml / perc áramlási sebességgel. A β -karotin retenció ideje körülbelül 15,7 perc.

Statisztikai elemzés

Az adatok értékelését SPSS 14.0 program segítségével, MANOVA teszttel végeztük. A homogén csoportok elválasztását egyváltozós Duncan-teszttel ellenőriztük, az RSD érték 5% volt (n = 3).

Eredmények és megvitatásuk

Homoktövisfajták fizikokémiai tulajdonságai, szénhidrátösszetétele

A gyümölcsök ízét alapvetően a cukor- és savtartalmuk, valamint ezek egymáshoz viszonyított aránya határozza meg. Korábbi kutatási eredmények bizonyítják, hogy a homoktövis genotípusok vízdoldható szárazanyag tartalmában jelentős különbségek vannak (2,9-22,7 °Brix) (Shyrko és Radzyuk 1989; Zhang et al. 1989). Jelen kutatásunkban vizsgált homoktövis fajták vízdoldható szárazanyagtartalma 5,6-7,9 °Brix között volt, legmagasabb értéket az Askola fajta gyümölcsseiben mértük, míg a legalacsonyabb °Brix értéke a Leikora gyümölcsseinek volt ([2. táblázat](#)). A vizsgált fajták vízdoldható szárazanyag-tartalmában statisztikailag igazolható különbséget tapasztaltunk. Eredményeink kismértékben maradtak el Raffó et al. (2004) szintén Askola (8,8 °Brix) és Leikora (7,5 °Brix) fajtákban mért értékétől, valamint Tiitinen et al. (2005) által mért (7,4-12,6 °Brix) értéktől. Jelentősen magasabb értéket mértek török (10,1-14,8 °Brix) (Ercisli et al. 2007), valamint kínai (10,2-22,7 °Brix) genotípusokban (Zhang et al. 1989; Tong et al. 1989).

2. táblázat. A vizsgált homoktövis fajták fizikokémiai paramétereit

	°Brix (1)		Sav (%) (2)		cukor/sav (3)	
Askola	7,9±0,1	c	3,07±0,02	b	2,57±0,02	a
Leikora	5,6±0,15	a	2,35±0,02	a	2,41±0,08	a
Orangevaja	6,2±0,06	b	2,39± 0,06	a	2,58±0,09	a

Table 2. Physicochemical properties of sea buckthorn cultivars (*Hippophaë rhamnoides* L. Askola, Leikora, and Orangevaja). (1) soluble solid content, (2) total titratable acid, (3) maturity index.

Eredményeink alapján legnagyobb titrálható savtartalma a vízdoldható szárazanyagtartalomhoz hasonlóan az Askola fajta gyümölcseinek van (3,07 g/100g), míg a Leikora és az Orangevaja alacsonyabb, de szinte azonos értékeket mutat. Az általunk vizsgált genotípusok °Brix értéke és titrálható savtartalma ugyan statisztikailag eltérő volt, a cukor/sav arányuk azonban statisztikailag igazolhatóan azonos (2,41-2,58). Ercisli et al. (2007) török vad fajokban 2,64-4,54 g/100g, valamint Tang és Tigersted (2001) hibrid populációban mért titrálható savtartalom értékei (3,25-4,46 g/100g) eredményeinkkel összhangban vannak. A kínai genotípusok magas vízdoldható szárazanyag tartalmához magas titrálható savtartalom (3,5-9,1 g/100g) párosul (Kallio et al. 1999; Ma et al. 1989; Zhang et al. 1989), míg a jelen kutatásainkban vizsgált három homoktövis fajta gyümölcseinek kínai fajtákhoz hasonló cukor/sav arányát az alacsony vízdoldható szárazanyag tartalom és alacsony titrálható savtartalom (2,35-3,07 g/100g) adja.

Homoktövisfajták szénhidrátösszetétele

A vízdoldható szárazanyag-tartalom jelentős részét a cukorvegyületek adják. Az egyes cukorkomponensek minőségi és mennyiségi ismerete elengedhetetlen a diétás étrend kialakításánál. A vizsgált fajták gyümölcseiben HPLC berendezéssel három szénhidrátkomponenst azonosítottuk be: glükózt, fruktózt és mannitolt (1. ábra). A fajták szénhidrát összetételében statisztikailag igazolható jelentős különbségeket tapasztaltunk, azonban valamennyi vizsgált fajta fő cukorkomponense a glükóz volt (3. táblázat). Eredményeinkhez hasonlóan korábbi kutatások alapján kínai és orosz fajták (Kallio et al. 1999; Ma et al. 1989), valamint német nemesítésű fajták gyümölcseiben (Raffo et al. 2004) is a glükóz volt a fő cukorkomponens. Korábbi kutatásokban mért glükóz (11,95-15,26 mg/ml), fruktóz (1,75-6,75 mg/ml) (Kallio et al. 1999; Ma et al. 1989) és a mannitol (1,32-6,21 mg/ml) értékek (Makinen et al. 1980), saját eredményeinkkel összhangban vannak. Az Askola fajta gyümölcseiben szignifikánsan kevesebb glükózt mértünk, mint a másik két fajta esetében, viszont a fruktóz- és mannitoltartalma szignifikánsan magasabb volt. Eredményeinkhez hasonlóan Raffo et al. (2004) is kisebb glükóztartalmat mért az Askola (1,62 mg/ml) fajta gyümölcseiben, mint a Leikora (6,4 mg/ml) esetében, bár az általuk mért értékek saját eredményeinktől kismértékben elmaradnak. A Leikora és az Orangevaja statisztikailag igazolhatóan hasonló mennyiségben tartalmaz glükózt, azonban a Leikora gyümölcseinek

szignifikánsan magasabb volt a fruktóz- és a mannitoltartalma. Korábbi kutatási eredményekhez hasonlóan (Tang 2002; Ma et al. 2016) a különböző genotípusok esetében statisztikailag igazolható különbséget tapasztaltunk a glükóz: fruktóz arányban.

1. ábra. Homoktövis bogyók jellegzetes cukor-összetételének kromatogramja. Retenciós idő: glükóz: 10,292; fruktóz: 11,300 és mannitol: 12,191

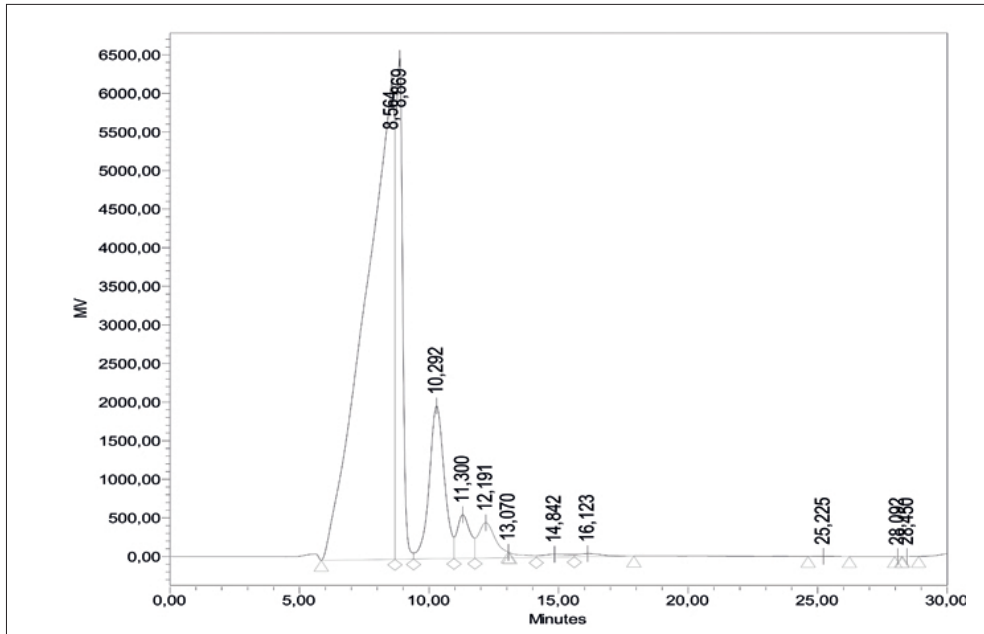


Figure 1. Typical chromatogram of the sugar compounds detected in sea buckthorn berries. Retention times: Glucose: 10.292; Fructose: 11.300 and Mannitol: 12.191 min.

3. táblázat. A vizsgált homoktövis fajták szénhidrát összetétele

	glükóz		fruktóz		mannitol		glükóz/fruktóz	
	mg/ml							
Askola	9,56±0,28	a	5,40±0,1	c	4,96±0,14	c	1,77±0,02	a
Leikora	12,90±0,83	b	2,77±0,11	b	2,66±0,15	b	4,66±0,37	b
Orangevaja	12,21±0,44	b	1,39±0,43	a	1,06±0,05	a	9,24±2,05	c

Table 3. Carbohydrate profile (glucose, fructose, mannitol and the glucose/fructose ratio) in berries of sea buckthorn cultivars tested

Homoktövisfajták antioxidáns tulajdonságai

Jelen kutatásunkban vizsgált homoktövisfajták gyümölcsének antioxidáns státuszát négy antioxidáns paraméter alapján - az összes polifenoltartalom, a vízdoldható antioxidáns kapacitás, a hidrogéndonor aktivitás és a β -karotin tartalom meghatározásával - jellemeztük (4. táblázat, 2. ábra), valamint HPLC berendezéssel detektáltunk hat flavonoid vegyületet (5. táblázat).

Korábbi kutatási eredmények alapján a homoktövis fajták gyümölcsének magas a polifenoltartalma, de az egyes genotípusok összes polifenoltartalma igen nagy változatosságot mutat. Ercisli et al. (2007) szerint török genotípusok TPC értéke 213,1-553,8 mg GSE /100g szárazanyag között változik, míg Korekar et al. (2014) szerint akár 11-szeres különbség (964-10704 mg GSE/100g) is lehet egyes indiai populációk TPC tartalmában. A homoktövis fajták polifenoltartalmát a genetikai háttér és a környezeti tényezők együttesen befolyásolják (Sabir et al. 2005; Tiitinen et al. 2005; Ercisli et al. 2007). Jelen kutatásunkban vizsgált homoktövis fajták gyümölcsének TPC értéke is statisztikailag igazolható szignifikáns ($p < 0,005$) változatosságot mutat (186-381 mg GSE / 100g). Az Askola gyümölcsének van a legkisebb, míg az Orangevaja gyümölcsének a legnagyobb TPC értéke. Rop et al. (2014) szerint a Cseh Köztársaságban, Brnotól nem messze begyűjtött Leikora fajta TPC értéke (974 mg GSE /100g) több mint háromszorosa a hazai ökológiai adottságok mellett termesztett Leikora fajta TPC értékének.

4. táblázat. A vizsgált homoktövis fajták összes polifenoltartalma (TPC), antioxidáns aktivitása (DPPH, FRAP) és β -karotin tartalma

	TPC		DPPH		FRAP		β -karotin	
	mg GSE /100g		μ g TE /l		μ g ASE /ml		mg/ml	
Askola	186 \pm 36	a	68,37 \pm 8,05	ab	3335 \pm 192	a	0,37 \pm 0,06	a
Leikora	295 \pm 28	b	60,37 \pm 6,41	a	4663 \pm 234	b	0,84 \pm 0,11	b
Orangevaja	381 \pm 14	c	79,1 \pm 3,92	b	4887 \pm 251	b	0,92 \pm 0,38	b

Table 4. Antioxidant characteristics of sea buckthorn cultivars

Korábbi kutatások bizonyítják, hogy a homoktövis fajták antioxidáns kapacitásában jelentős különbségek vannak (Gao et al. 2000; Korekar et al. 2014). Kutatásaink során az antioxidáns kapacitást két különböző módszerrel (FRAP; DPPH) vizsgáltuk. A legkisebb hidrogéndonor aktivitás értéke (DPPH) a Leikora gyümölcsének volt, míg a legnagyobb értéket ismét az Orangevaja gyümölcsében mértünk (4. táblázat). A vízdoldható antioxidáns kapacitás (FRAP) esetében legkisebb értékkel az Askola gyümölcsé rendelkezik, míg a Leikora és az Orangevaja közel azonos magasabb értékeket mutat. Korekar et al. (2014) indiai homoktövis populációk FRAP értékében nagy eltéréseket tapasztalt (180-1355 μ g/ml), melyek jelentős mértékben elmaradtak az általuk mért értékektől.

A homoktövis genotípusok fő karotinoidjai a zeaxantin, β -karotin és a β -kriptoxantin (Raffo et al. 2004), ezen vegyületek határozzák meg elsősorban a bogyók színét. A szakirodalmak alapján legnagyobb változatosságot a homoktövis genotípusok antioxidáns jellemzői közül a β -karotin tartalom mutat (Korekar et al. 2014). HPLC módszerrel meghatároztuk a vizsgált genotípusok β -karotin-tartalmát (2. ábra). Eredményeink alapján, hasonlóan Raffo et al. (2004) megállapításához az Askola bogyóinak β -karotin-tartalma jóval elmarad a Leikorától. A Leikora és az Orangevaja β -karotin-tartalma statisztikailag igazolhatóan hasonló.

2. ábra. Homoktövis bogyók jellegzetes karotinoid kromatogramja.
Retenciós idő (β -karotin): 15,683 perc

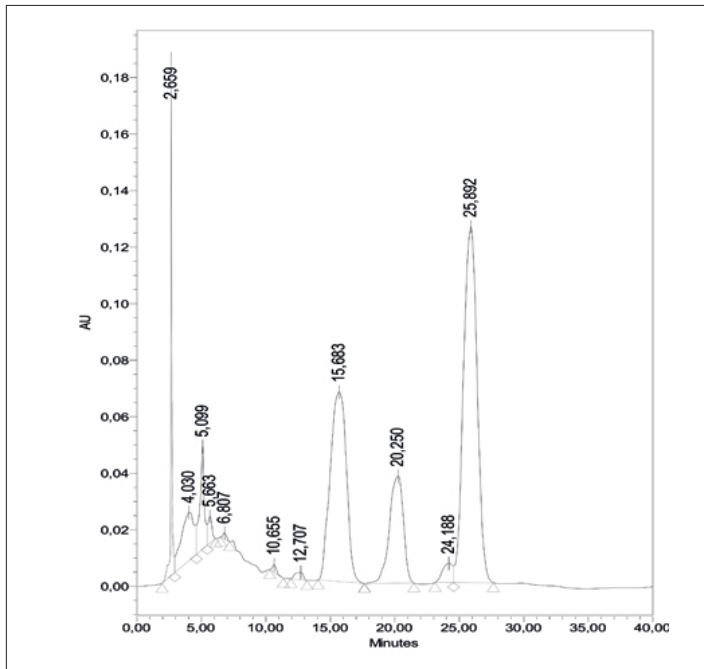


Figure 2. The typical chromatogram of sea buckthorn berries, the peak at 15.683 shows the β -carotene.

Számos szakirodalom keres összefüggést az antioxidáns státuszt jellemző paraméterek között. Néhány kutató csoport nagyfokú korrelációt mutat ki (Velioglu et al. 1998), míg mások nem találnak szoros összefüggést az antioxidáns paraméterek között (Kahkonen et al. 1999; Ercisli et al. 2007). Eredményeink alapján nem találtunk erős korrelációt a vizsgált antioxidáns paraméterek között. Összességében elmondhatjuk, hogy az Orangevaja fajta kiemelkedő antioxidáns tulajdonságokkal rendelkezik, hiszen jelentős β -karotin tartalma mellett a többi vizsgált antioxidáns paraméter tekintetében is a három vizsgált fajta közül a legmagasabb értéket mutatta.

A homoktövis fajták egészségvédő értékét főként magas polifenol tartalmuknak, elsősorban flavonoid glikozidjaiknak köszönheti. Ma et al. (2016) eredményei alapján a homoktövis genotípusok bogyóinak jelentős a flavonoid glikozid tartalma (23 - 250 mg/100 g). A homoktövis bogyók legjelentősebb flavonol vegyületei az izoramnetin glikozidok, úgy mint az izoramnetin-3-O-rutinozid, izoramnetin-3-O-glikozid-7-O-ramnozid és a kvercetin derivátumok, úgy mint kvercetin-3-O-glukozid és kvercetin-3-O-rutinuzid (Rösch et al. 2004; Yang et al. 2009). Jelen kutatásunk során HPLC módszerrel meghatároztuk homoktövis genotípusok gyümölcsseinek kvercetin származékait, úgy mint a rutin, a kvercitrin, a kvercetin-dihidrát és a kvercetin-hidrát mennyiségét, valamint a fahéjsav és epikatechin tartalmát (5. táblázat).

A vizsgált fajták gyümölcse jelentős mennyiségben tartalmaz rutint (22,12-27,52 mg/100g), azonban a fajták rutintartalmában statisztikailag igazolható különbség nem volt. Kvercitrintartalma az Askola gyümölcsseinek szignifikánsan nagyobb, mint a másik két fajta esetében detektált szinte azonos mennyiség. Kvercetin-dihidrátból is közel azonos mennyiség található a fajtákban, az Askolában némileg kevesebb a másik kettőhöz képest. A kvercetin-hidrát mennyisége változó, legkevesebb az Askola fajtában, legtöbb pedig az Orangevajában található meg, míg fahéjsavból az Askola gyümölcsseiben volt a legtöbb, az Orangevaja gyümölcsseiben a legkevesebb. Az Askola és a Leikora gyümölcse szinte azonos mennyiségben tartalmaz epikatechint, mely értéktől az Orangevaja bogyóinak epikatechin tartalma elmarad.

5. táblázat. A vizsgált homoktövis fajták bogyóinak fő fenol vegyületei

	rutin	kvercitrin	kvercetin-dihidrát	kvercetin-hidrát	fahéjsav	epikatechin						
	mg/100g				µg/100g							
Askola	27,41±0,34	a	57,72±0,36	a	5,11±0,05	a	1,59±0,02	a	88,93±0,71	b	488,05±2,37	b
Leikora	22,12±0,68	a	50,19±0,13	b	6,07±0,19	a	2,68±0,07	b	83,91±0,85	ab	480,45±1,67	b
Orangevaja	27,52±0,48	a	50,58±0,27	b	6,45±0,1	a	3,34±0,08	c	78,18±0,31	a	456,73±1,89	a

Table 5. Main phenol compounds of sea buckthorn cultivars

Következtetés

Megállapíthatjuk, hogy a vizsgált homoktövis fajták erős antioxidáns tulajdonságokkal rendelkeznek. A vizsgált antioxidáns jellemzők alapján az Askola értékei bizonyultak a legalacsonyabbnak, - kivétel ez alól a DPPH mérés eredménye - és az Orangevaja értékei a legmagasabbnak. Saját eredményeink és a szakirodalmi adatok alapján megállapíthatjuk, hogy a genotípus határozza meg alapvetően az antioxidáns tulajdonságokat. Eredményeink alapján a Leikora és az Orangevaja fajta gyümölcsminőségi tulajdonságai alapján funkcionalitással rendelkező termék nyersanyaga lehet.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Magyar Állam és az EU által finanszírozott „EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00005” program segítségével valósult meg.

Irodalomjegyzék

1. Ali, J. and Ahmad, B. 2015. Comparative antitumor and anti-proliferative activities of *Hippophae rhamnoides* L. leaves extracts. Journal of Coastal Life Medicine. 3(3): 228-232.
2. Benzie, I.I.F. and Strain, J.J. 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure of „antioxidant power”. The FRAP assay. Annal. Biochem. 239: 70-76.
3. Blois, M.S. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature, 181: 1199-1200.
4. Bushway, R.J. 1986. Determination of α - and β -carotene in some raw fruits and vegetables by high performance liquid chromatography. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 34, 409-412.
5. Chakraborty, M., Karmakar, I., Haldar, S., Nepal, A. and Haldar, P.K. 2015. Anticancer and antioxidant activity of methanol extract of *Hippophae salicifolia* in EAC induced Swiss albino mice. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 7(8): 180-184.
6. Christaki, E. 2012. *Hippophae rhamnoides* L. (Sea Buckthorn): a Potential Source of Nutraceuticals. Food and Public Health, 2(3): 69-72.
7. Codex Alimentarius 1995. Determination of water-soluble dry matter in food, No. 3-1-558/93
8. Edraki, M., Akbarzadeh, A., Hosseinzadeh, M., Tanideh, N., Salehi, A. and Koochi-Hosseinabadi, O. 2014. Healing effect of sea buckthorn, olive oil, and their mixture on full-thickness burn wounds. Food Chem Toxicol. 47(6): 1146-53.
9. Ercisli, S., Orhan, E., Ozdemir, O. and Sengul, M. 2007. The genotypic affects on the chemical composition and antioxidant activity of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries grown in Turkey, Scientia Horticulturae, 115: 27-33.
10. Gao, X., Ohlander, M., Jeppsson, N., Bjork, L. and Trajkovski, V. 2000. Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrients in fruits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) during maturation. J Agric Food Chem. 48:1485-1490.
11. Gurevich, S.K. 1956. The application of sea buckthorn oil on ophthalmology. Vestn. Ottamologu 2: 30-33.
12. Huff, N.K., Auer, A.D., Garza, F., Keowen, M.L., Kearney, M.T., McMullin, R.B. and Andrews, F.M. 2012. Effect of Sea Buckthorn Berries and Pulp in a Liquid Emulsion on Gastric Ulcer Scores and Gastric Juice pH in Horses. J Vet Intern Med. 26: 1186-1191.
13. Hungarian Standard 1998. MSZ EN 12147:1998. Gyümölcs- és zöldséglevék. A titrálható savasság meghatározása.
14. Kahkonen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., Rauha, J.P., Pihlaja, K., Kujala, T.S. and Heinonen, M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. J. Agric. Food Chem. 47: 3954-3962.
15. Kallio, K., Yang, B.R., Tahvonen, R. and Hakala, M. 1999. Composition of sea buckthorn berries of various origins. Proceeding of International Symposium on Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) (IWS-99), Beijing, China. 17-23.
16. Kim, M.W. 2013. Effect of Sea Buckthorn Leaves on Hepatic Enzyme Levels in Streptozotocin Induced Diabetic Rats. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 42(1): 40-45.
17. Korekar, G., Dolkar, P., Singh, H., Srivastava, R.B. and Stobdan, T. 2014. Variability and the genotypic effect on antioxidant activity, total phenolics, carotenoids and ascorbic acid content in seventeen natural population of Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) from trans Himalaya. LWT – Food Science and Technology, 55: 157-162.

18. Krejcarová, J., Straková, E., Suchý, P. and Karásková, K. 2015. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) as a potential source of nutraceuticals and its therapeutic possibilities - A review. *Acta Veterinaria Brno*, 84(3): 257-268.
19. Li, Y. and Liu, H. 2014. Prevention of tumour production in rats fed aminopyrine plus nitrite by sea buckthorn juice. *IARC Sci Publ.* 105: 568-70.
20. Ma, Z., Cui, Y. and Feng, G. 1989. Studies on the fruit character and biochemical compositions of some forms within Chinese sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* subsp. *sinensis*) in Shanxi, China. Proceeding of international symposium on sea buckthorn (*H. rhamnoides* L.), Xian, China, Oct 19-23, (1989) 106-113.
21. Ma, X., Laaksonen, O., Zheng, J., Yang, W., Trépanier, M. and Kallio, H. 2016. Flavonol glycosides in berries of two major subspecies of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) and influence of growth sites. *Food Chemistry*, 200: 189-198.
22. Makinen, K.K. and Soderling, E. 1980. A quantitative study of mannitol, sorbitol, xylitol and xylose in wild berries and commercial fruits. *J. Food Sci.* 45: 367-374.
23. Raffo, A., Paoletti, F. and Antonelli, M. 2004. Changes in sugar, organic acid, flavonol and carotenoid composition during ripening of berries of three seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) cultivars. *European Food Research and Technology*, 219: 360-368.
24. Rongsen, L. 2001. Combating desertification with plants. ed. Dov Pasternak and Arnold Schlissel. Springer US. 291-299.
25. Rop, O., Ercişli, S., Mlcek, J., Jurikova, T. and Hoza, I. 2014. Antioxidant and radical scavenging activities in fruits of 6 sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) cultivars. *Turk J Agric For.* 38: 224-232.
26. Rösch, D., Krumbein, A., Mügge, C. and Kroh, L.W. 2004. Structural investigations of flavonol glycosides from sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*) pomace by NMR spectroscopy and HPLC-ESI-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(13): 4039-4046.
27. Sabir, S., Maqsood, H., Hayat, I., Khan, M. and Khaliq, A. 2005. Elemental and nutritional analysis of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* ssp. *turkestanica*) berries of Pakistani origin. *Journal of Medicinal Food*, 8(4): 518-522.
28. Sayegh, M., Miglio, C. and Ray, S. 2014. Potential cardiovascular implications of Sea Buckthorn berry consumption in humans. *Int J Food Sci Nutr.* 65(5): 521-8.
29. Shalkevich, M.S., Radkevich, D. and Bienieka, A. 2009. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) breeding in Belarus. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln.* 536: 185-190.
30. Shyrko, T.S. and Radzyuk, A.F. 1989. Quality of sea buckthorn varieties in Byelorussian conditions. *Food Research International*, 44(7): 1718-1727.
31. Suryakumar, G. and Gupta, A. 2011. Medicinal and therapeutic potential of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *Journal of Ethnopharmacology*, 138: 268-278.
32. Singleton, V.L. and Rossi, J.A. 1965. Colometry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid "reagents". *Am J Enol Vitic.* 16:144-158.
33. Tang, X. 2002. Intrinsic change of physical and chemical properties of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) and implications for berry maturity and quality. *J Hort. Sci. Biotechnol.* 77: 177-185.
34. Tang, X. and Tigerstedt, P.M.A. 2001. Variation of physical and chemical characters within an elite sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) breeding population. *Scientia Horticulturae*, 88: 203-214.
35. Tiitinen, K.M., Hakala, M.A. and Kallio, H.P. 2005. Quality components of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53: 1692-1699.
36. Tong, J., Zhang, C., Zhao, Z., Yang, Y. and Tian, K. 1989. The determination of the physical-chemical constants and sixteen mineral elements in sea buckthorn raw juice, Proceedings of international symposium on sea buckthorn (*H. rhamnoides* L.), Xian, China, Oct 19-23, (1989) 32-137.
37. Upadhyay, N.K., Kumar, R., Mandotra, S.K., Meena, R.N., Siddiqui, M.S., Sawhney, R.C. and Gupta,

- A. 2009. Safety and healing efficacy of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed oil on burn wounds in rats. *Food Chem Toxicol.* 47(6): 1146-53.
38. Upadhyay, N.K., Kumar, R., Siddiqui, M.S. and Gupta, A. 2011. Mechanism of wound healing activity of *Hippophae rhamnoides* L. leaf extract in experimental burns. *Evidence based Complementary and Alternative Medicine.* DOI: 10.1093/ecam/nep 189.
39. Velioglu, Y.S., Mazza, G., Gao, L. and Oomah, B.D. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 4113-4117.
40. Wang, A., Zhang, Q., Wan, D., Yang, Y. and Liu, J. 2008. Nine microsatellite DNA primers for *Hippophae rhamnoides* sp. *sinensis* (Elaeagnaceae) *Conserv Genet.* 9: 969-971.
41. Xing, J., Yang, B., Dong, Y., Wang, B., Wang, J. and Kallio, H.P. 2002. Effects of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) seed and pulp oils on experimental models of gastric ulcers in rats. *Fitoterapia*, 73: 644-650.
42. Xu, X., Xie, B., Pan, S., Liu, L., Wang, Y.D. and Chen, C.D. 2007. Effects of sea buckthorn procyanidins on healing of acetic acid-induced lesions in rat stomach. *Asia Pac J Clin.* 16(1): 234-238.
43. Yang, B., Halttunen, T., Raimo, O., Price, K. and Kallio, H. 2009. Flavonol glycosides in wild and cultivated berries of three major subspecies of *Hippophaë rhamnoides* and changes during harvesting period. *Food Chemistry*, 115(2): 657-664.
44. Zhang, W., Yan, J., Duo, J., Ren, B. and Guo, J. 1989. Preliminary study of biochemical constitutions of berry of sea buckthorn growing in Shanxi province and their changing trend, *Proceedings of international symposium on sea buckthorn (H. rhamnoides L.)*, Xian, China, Oct 19-23, (1989) 96-105.

Analysis of biologically active compounds and antioxidant parameters of some sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) cultivars

FICZEK, G.¹, FURULYÁS, D.², RENTSENDAVAA, C.², FROEMEL-HAJNAL, V.¹,
SIMON, G.¹, VÉGVÁRI, GY.^{1,3}, STÉGER-MÁTÉ, M.²

¹Department of Fruit Science, Faculty of Horticulture Science, Szent István University,

²Department of Food Preservation, Faculty of Food Science, Szent István University,

³Institute of Physiology, Biochemistry and Animal Health, Kaposvár University

E-mail: vegvari.gyorgy@ke.hu

Summary

Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) fruit is rich in biologically active compounds. It may serve as functional food component because it has remarkable health benefits. The goal of this research was to widely characterize the fruit quality features of three sea buckthorn cultivars ('Leikora', 'Askola', 'Orangeveja') grown in Hungarian ecological conditions. Physicochemical parameters such as refraction, titratable acid content, sugar/acid ratio, carbohydrate profile and antioxidant parameters such as FRAP, DPPH with spectrophotometric method, and β -carotene content, phenolic compounds with HPLC method were measured. Significant differences were found in

the refraction of the cultivars (5.6–7.9 °Brix) and in their titratable acid content (2.35–3.07%), but there was no statistically significant difference in the sugar/acid ratio (2.41–2.57). The main carbohydrate component of the tested cultivars was glucose (9.56–12.9 mg L⁻¹). Furthermore, we detected fructose (1.39–5.4 mg L⁻¹) and mannitol (1.77–9.24 mg L⁻¹). The antioxidant capacity of the tested cultivars could be well-characterized by their TPC (186–381 mg GAE 100 g⁻¹), DPPH (60.37–79.1 µg TE L⁻¹), FRAP (3335–4887 µg AAE mL⁻¹) and by their β-carotene content (0.37–0.92 mg mL⁻¹, however, no close correlation was found among these parameters. We determined the content of quercetin derivatives in the fruits of the sea buckthorn genotypes, such as the rutin (22.12–27.52 mg 100 g⁻¹), quercitrin (50.19–57.72 mg 100 g⁻¹), quercetin dihydrate (5.11–6.45 mg 100 g⁻¹), quercitrin hydrate (1.59–3.34 mg 100 g⁻¹) content, cinnamic acid (78.18–88.93 µg 100 g⁻¹) and epicatechin (456.73–488.05 mg 100 g⁻¹). It can be stated that the antioxidant properties are defined by both the genotype and the ecological conditions. According to their fruit quality traits, the fruits of the cultivars 'Leikora' and 'Orangeveja' can be used as raw material of functional food products.

Keywords: sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.), antioxidant parameters, healthcare value, spectrophotometer, HPLC

Szerzők:

Ficzek Gitta – PhD, adjunktus, Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Gyümölcsstermő Növények Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Furulyás Diána – tanársegéd, Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Konzervtechnológiai Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Rentsendavaa Chagnaadorj – PhD hallgató, Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Konzervtechnológiai Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Froemel-Hajnal Veronika – PhD, tanársegéd, Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Gyümölcsstermő Növények Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Simon Gergely – PhD, egyetemi docens, Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Gyümölcsstermő Növények Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Végyvári György (kapcsolattartó szerző) – PhD, egyetemi tanár, Kaposvári Egyetem, Élettani, Biokémiai és Állategészségügyi Intézet, 7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

Stégerné Máté Mónika – PhD, egyetemi docens, Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Konzervtechnológiai Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.