

Homoktövis termések fizikokémia jellemzőinek és magolaj-összetételének értékelése néhány genotípus esetében

MÁTÉ MÓNIKA¹, SELIMAJ GRANIT^{1,2}, SIMON GERGELY²,
SZALÓKI-DORKÓ LILLA¹, FICZEK GITTA²

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Gyümölcs- és Zöldségfeldolgozás Technológia Tanszék, Budapest

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Tanszék, Budapest

E-mail: Ficzek.Gitta@uni-mate.hu

Összefoglalás

A homoktövis (*Hippophae rhamnoides* L.) genetikai variabilitása igen nagy, ezért a fajták fizikai paramétereinek és beltartalmi összetevőinek meghatározása aktuális feladat. Ez különösen igaz a feldolgozhatóság szempontjából, mivel fogyasztása csak ebben a formában jelentős. Jelen tanulmány célja, hogy tanulmányozza öt fajta ('Askola', 'Clara', 'Habego', 'Leikora', 'Mara') és az R-01 fajtajelölt bogyóinak fizikokémiai paramétereit (refrakció, titrálható savtartalom, cukor/sav arány), színjellemzőit (L^* , a^* , b^*), valamint a magok zsírsavprofilját GC-FID módszerrel, megalapozva ezzel a bogyók egészben történő (pl. szárítás) feldolgozhatósági kísérleteit. A 'Leikora' bogyójának tömege ($0,64 \pm 0,07$ g) statisztikaiba igazolhatóan nagyobb volt, mint a többi vizsgált fajta gyümölcse. Legnagyobb magtömege a Habego fajtának volt ($0,036 \pm 0,005$ g), ezt követte az R-01 fajtajelölt ($0,032 \pm 0,004$ g), valamint a 'Leikora' ($0,029 \pm 0,006$ g), bár a fajták bogyóinak kő-mag arányában szignifikáns eltérés nem volt igazolható. Szignifikáns különbséget tapasztaltunk a fajták bogyóinak refrakciójában ($6,30-10,84$ °Brix) és titrálható savtartalmában ($1,4-3,7\%$). Legmagasabb cukor/sav aránnyal a 'Mara' ($7,8 \pm 0,35$) rendelkezett. A magok telítetlen zsírsav mennyisége $72,6-83,4\%$ között volt, ezen belül a többszörösen telítetlen zsírsavaké $32,3-58,1\%$ között. A vizsgált minták magjai kiemelkedő mennyiségben tartalmaztak linolsavat ($17,0-33,2\%$), valamint linolénsavat ($15,3-24,9\%$), főként a 'Mara', a 'Clara' és az 'Askola' fajták. Kiemelendő az R-01 fajtajelölt palmitoleinsav tartalma és kedvező omega 6/omega 3 aránya, mely a funkcionális élelmiszerek alapanyaga lehet. A továbbiakban, a feldolgozás-technológiai kutatásokat, főként az egész bogyók szárítását érdemes ezen fajtákkal folytatni.

Kulcsszavak: homoktövis (*Hippophae rhamnoides* L.) fajták, fajtajelölt, fizikai paraméterek, szín koordináták, zsírsavak, feldolgozhatóság

Irodalmi áttekintés

A homoktövis (*Hippophae rhamnoides* L.) Európában, Ázsiában és Kanadában is széles körben termesztett növény. Különleges értékét az adja, hogy vízdoldható (pl. aszkorbinsav, fenolsavak, flavonoidok, tanninok) és zsírdoldható (pl. karotinoidok, tokoferolok) antioxidánsokat egyaránt nagy mennyiségben tartalmaz.

A homoktövis bogyója gyümölcsből (55-70 tömeg%), magokból (10-23 tömeg%), és héjből (5-9 tömeg%) áll, melyek jellemzően olajban gazdagok. Az arányok azonban a homoktövis genetikai sokfélesége miatt igen eltérőek, melyek a feldolgozóipar számára is fontos értékmérő tulajdonságok. A homoktövis bogyók bioaktív vegyületeinek magas koncentrációjáról, *in vivo* és *in vitro* egészségügyi hatásairól több tudományos publikáció is készült (Boca et al. 2019; García 2019; Zakynthinos et al. 2016; Solà Marsiñach és Cuenca 2019; Aaby 2020), míg a feldolgozás és tárolás bioaktív vegyületekre gyakorolt hatásairól lényegesen kevesebbet tudunk.

A kesernyés, fanyar íz és a magas savtartalom miatt a homoktövis bogyókat frissen nem fogyasztjuk. Gyümölcslé és püré formájában a legelterjedtebb, de általában más, a fanyar ízt tompító gyümölcsökkel keverve vagy édesítve kerül forgalomba (Geertsens et al. 2016).

A biológiailag aktív hatóanyagok megőrzése céljából a feldolgozóipar a korszerű, kémialetlen tartósítási módokat részesíti előnyben, pl. az aseptikus kezelést és töltést vagy a nagynyomású kezelést. A folyékony forma mellett egyre kedveltebbek a bogyók egészben történő tartósítása, mely elsősorban dehidratálási technológiát jelent, pl. egész bogyók liofilezése vagy vákuum-, illetve mikrohullámú vákuumszárítása. A feldolgozási technológia befolyásolja a bogyók aktív hatóanyagainak mennyiségét és átalakulását és hatással van a termék későbbi tárolhatóságára is. A bogyók szárításra való alkalmasságát (pl. nedvességleadás sebessége, színváltozások, alakváltozás, puffaszthatóság, stb.) nagyban befolyásolja a bogyók mérete, a kó/mag arány, a szárazanyag-tartalom és a szín is. A szárított termékek érzékszervi tulajdonságait nagymértékben befolyásolja a cukrok és savak mennyisége, illetve azok aránya (Pallavee és Ashwani 2017). A magasabb cukor/sav aránnyal rendelkező fajták kedveltebbek a feldolgozott termékek piacán (Tang et al. 2001).

A homoktövis bogyók egészben történő felhasználása a termékekben, pl. a szárított bogyók keverése teafélékbe, müzlikeverékekbe, müzliszeletekbe, snack termékekbe növeli azok biológiai értékét a jelentős aszkorbinsav, karotinoid, fenolos anyagok, valamint zsírsavak révén. A zsírsavak jelenléte azonban hatással van a termékek eltarthatóságára is. A homoktövis különlegessége, hogy a gyümölcs egésze tartalmaz zsírsavakat. A magok olajtartalma 100-200 g/kg, míg a hús és héj részek esetében 20-105 g/kg között van friss állapotban (Yang és Kallio 2001; Li és Beveridge 2003; Singh 2005).

A homoktövispépölaj körülbelül 48%-ban telített és 52%-ban telítetlen zsírsavat tartalmaz, míg a magolajban 12-20% a telített és 80-90% a telítetlen zsírsavak aránya. A zsírsavprofil fontos a bogyók tápanyagértékének értékeléséhez, különösen a többszörösen telítetlen zsírsavak aránya fontos. A homoktövis bogyójában 19 zsírsavat azonosítottak, melyek közül 8 telített és 11 telítetlen zsírsav. A telített zsírsavak aránya 13,70-42,68% között van, míg az egyszeresen telítetlen zsírsavak 40,73-60,37% között, a többszörösen telítetlen zsírsavak pedig 3,70-24,62% között mutathatók ki. Az esszenciális zsírsavak közül jelentős a linolénsav és a linolsav előfordulása (Dulf 2012; Crăciun 2018; Teleszko et al. 2015).

A homoktövis magjából és gyümölcshúsából származó olajok különböző zsírsav-összetételűek. A húsban elsősorban a palmitinsav, a palmitoleinsav és az olajsav dominál, addig a magban inkább a linolsav, linolénsav és az olajsav. A homoktövismag olaj 7-44% linolsavat, 27-31% linolénsavat és 17-20% olajsavat tartalmaz (Yang és Kallio 2001). Az omega-6/omega-3 (linolsav/linolénsav) többszörösen telítetlen zsírsavak aránya általában 1:1 (Saryakumar és Gupta 2011). Ezenkívül a homoktövis olaj az egyetlen olyan olaj, amely természetesen 1:1 arányban tartalmaz omega-3/omega-6-ot (Solà Marsiñach és Cuenca 2019). A magolaj telített zsírsavtartalma körülbelül 10-13%, a domináns telített zsírsavak a palmitinsav (7-9%) és a sztearinsav (2,5-3%) (Li és Beveridge 2003; Yang és Kallio 2001; Wang et al. 2022).

A zsírsavak alapvető szerepet játszanak az emberi egészségben. Számos tanulmány számol be a homoktövis olaj klinikai alkalmazásáról. A homoktövis olajban található zsírsavak összetétele egyedülálló, amely számos egészségügyi előnyt jelent a humán szervezet számára, ezért a biomedicina és a kozmetikai ipar egyaránt nagyra értékeli. Hatásosak a gyulladásozó folyamatokkal szemben, védik a hámszöveteket, jótékony hatásuk van az emésztőszervekre, a légzőszervekre, az urológiai szervekre, a női nemi szervekre és a szem belsejére (száraz szem szindróma) (Gegotek et al. 2018; Solà Marsiñach és Cuenca 2019; Poljšak et al. 2020). Chand és munkatársainak (2018) eredményei szerint a tojótyúk 2 és 3 g/kg-os homoktövis kiegészítéssel etetve szignifikánsan javították a tojás minőségi paramétereit és a tojás koleszterinszintjét.

A homoktövis genetikai sokfélesége nagyon nagy, és ennek megfelelően az egyes fajták biológiailag aktív hatóanyagtartalmában is nagy eltérések lehetnek. Jelenleg kevés adat áll rendelkezésünkre a termesztett fajták biológiailag aktív hatóanyagtartalmáról. Annak érdekében, hogy jobb képek kapjunk a fajták egészségvédő értékéről, és tisztázni lehessen felhasználási lehetőségeket, elengedhetetlen az egyes genotípusok széleskörű analízise.

Jelen tanulmány célja, hogy a hazai természetben jelen lévő öt fajta és egy ígéretes hazai fajtajelölt fizikai paramétereit, színjellemzőit, valamint zsírsavprofilját tanulmányozza, megalapozva és támogatva az egész bogyók feldolgozhatóságát, pl. szárítással és ezzel együtt a tárolhatóságukat.

Anyag és módszer

Növényi anyag

Jelen kutatásunk során öt homoktövis fajta, az 'Askola', a 'Clara', a 'Habego', a 'Leikora' és a 'Mara', valamint az R-01 fajtajelölt gyümölcseit vizsgáltuk a 2020-as évben. A kutatási anyag a Superberry Plus Kft. Rákóczi falván lévő (É.sz. 47°11'87", K.h. 20°21'97) ökológiai gazdálkodású ültetvényéből származott. A bogyókat, a teljes érettség állapotában szüreteltük (szeptember elejétől október végéig), mikor a fajtára jellemző színt elérték, ezt a paramétert vizuálisan határoztuk meg. Mivel a kocsány nehezen vált el a vesszőtől, a bogyókat a lemetszett termővesszőkről metszőollóval egyenként távolítottuk el. A gyümölcsmintákat (3kg/fajta) a szüretet követően azonnal laboratóriumba szállítottuk, ahol beérkezést követően meghatároztuk a minták fizikokémiai paramétereit, majd a kinyert magokat a zsírsavösszetétel meghatározásáig -28 °C-on fagyasztva tároltuk. Felengedtetést követően a magolajtartalmat három ismétlésben mértük.

Fizikai- és fizikokémiai paraméterek

Mintánként minimum 30 db bogyó fizikai paramétereit vizsgáltuk. A gyümölcsök méretparamétereit (magasság, szélesség, vastagság) számítógéphez csatlakoztatható, Mitutoyo CD-15DC típusú digitális tolómérővel, milliméter pontossággal határoztuk meg. A vizsgált gyümölcsök tömegét, valamint a magtömeget KPZ-2-05-4/6000 típusú digitális mérlegen megmértük. A kómag arány a bogyótömegeből és a magtömegeből számított érték.

A refrakciót a homogén, szűrt gyümölcsléből, a Codex Alimentarius 3-1-558/93 előírás szerint digitális refraktométerrel °Brix-ban (g/100g) határoztuk meg. A titrálható savtartalmat az MSZ EN 12147:1998 magyar szabvány szerint határoztuk meg. Az összes savtartalmat (m/m%) almasav egyenértékben adtuk meg. A cukor/sav arány a vízdoldható szárazanyag tartalom és a titrálható savtartalom hányadosából számított érték.

Színkoordináták meghatározása

A gyümölcsök színét (L^* - világossági tényező, a^* - vörös-zöld hányados, b^* - sárga-kék hányados) Konica Minolta CR-400 típusú tristimulusos színmérő műszerrel (CR-400, Konica Minolta, Inc., Tokyo, Japan) határoztuk meg. A műszer kalibrálásához a gyártó által előállított kalibráló fehér csempe etalont használtuk. A CIE (Comission Internationale de la Éclargie) 1931-es szabványa szerint – amely hazánkban is elfogadott – a szín egy 3D színtérben elhelyezett koordinátákkal (L^* , a^* , b^*) leírható (Voss 1992). Az L^* a CIE rendszerben a világossági tényező, az előjelektől függően $+a^*$ piros, $-a^*$ zöld, $+b^*$ sárga, $-b^*$ kék színeket jellemzi.

A CIELAB a színtelítettségi jellemzőt, az un. „chroma” értéket az a^* , b^* síkban értelmezi ($C_{ab}^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$), amely a vektor abszolút értéke, vagyis a világosság tengelytől való távolsága. A h -val jelölt színezeti szög a színvektor irányának az a^* tengely irányától a C_{ab}^* vektorig való elforgatását jelzi a színtérben, tehát értéke 0° -tól 360° -ig terjedhet ($h_{ab}^\circ = \arctg b^*/a^*$). A színezeti szög értékeinek megfelelő színek: vörös-lila 0° , sárga 90° , kékes-zöld 180° és kék 270° (McGuire 1992).

Zsírsavprofil meghatározása GC-FID módszerrel

Homoktövis fajták liofilizált magját kénsavas roncsolás után petroléterrel extraháltuk (10 ml; 15 óra). A mintákból kivont zsír zsírsavösszetételének meghatározása ISO 12966-2:2018 szabvány szerint történt kisebb módosításokkal Tormási és Abrankó (2021) határozta meg.

A 10-15 mg zsiradékot 15 ml-es centrifuga csőbe mértünk, ehhez 1,8 ml izooktánt és 200 μ l belső standardot adtunk (1 mg/ml gliceril trinonadekanoát kloroformban oldva). A zsiradék oldódása után 200 μ l metanolban oldott kálium-hidroxiddal átmetileztük a mintában lévő észteresített zsírsavakat (1 perc kevertetés), majd pihentetés (2 perc) után 4 ml telített nátrium-klorid-oldatot adtunk a mintához és homogenizáltuk (10 másodperc). A fázisok szétválasztását centrifugálással segítettük (3700 g, 10 perc), majd a felső (izooktános) fázist 0,5 g nátrium-szulfát sóra vittük át, víztelenítés céljából. Az így elkészült mintát GC-FID módszerrel analizáltuk. Minőségi meghatározáshoz 37 komponensen FAME keveréket, mennyiségi meghatározáshoz 4-pontos kalibrációt (0, 10, 20, 40 μ g/ml, 100 μ g/ml nonadekánsavval (1 mg/ml izooktánban oldva) alkalmaztunk.

A zsírsavak meghatározásához Agilent (Santa Clara, CA, USA) 6890 GC-FID rendszert használtunk, amely Agilent 7683 automatikus mintavevővel volt felszerelve. Az elválasztáshoz Phenomenex (Torrance, CA, USA) Zebron ZB-FAME (60 m, 0,25 mm, 0,20 μ m) oszlopot használtunk cianopropil állófázissal és hidrogéngáz (1,2 ml/perc) mozgófázissal. A bemeneti hőmérséklet 250 °C, a detektor hőmérséklete 260 °C volt. 50:1 megosztási arányt és 1 μ l injekciós térfogatot alkalmaztunk. A következő zsírsavakat határoztuk meg: mirisztinsav (C14:0; Rt min: 9,94), pentadékansav (C15:0; Rt min: 11,05), palmitinsav (C16:0; Rt min: 12,43), palmitoleinsav (C16:1n-7c; Rt min: 13,24), sztearinsav (C18:0; Rt min: 16,30), olajsav (C18:1n-9c; Rt min: 17,20), linolsav (C18:2n-6c; Rt min: 19,04), α -linolénsav (C18:3n-3c; Rt min: 21,56), arachidsav (C20:0; Rt min: 21,59), gondoinsav (C20:1n-9c; Rt min: 23,00), dihomó - γ -linolénsav (C20:3n-6c; Rt min: 26,63), behénsav (C22:0; Rt min: 27,91), cisz-15-tetrakozénsav (C24:1n-9c; Rt min: 31,02).

Statisztikai értékelés

Az adatok értékelését SPSS 27.0 program segítségével, MANOVA teszttel végeztük. A homogén csoportok elválasztását egyváltozós Tukey-teszttel ellenőriztük, az RSD érték 5% volt.

Eredmények és megvitatásuk

Homoktövisfajták bogyóinak fizikai tulajdonságai

A homoktövis fajták gyümölcsét nyersen nem fogyasztjuk, ezért a fajták áruértékét a méretparaméterek kevésbé befolyásolják, azonban egyes feldolgozóipari célok esetében, pl. egész bogyó szárításra való alkalmassága, a méretnek is fontos szerepe van.

A vizsgált fajták bogyóinak méretparamétereiben (magasság, vastagság, szélesség) jelentős különbségeket tapasztaltunk (1. táblázat). Legnagyobb értéket a 'Leikora' gyümölcse képviselte, melyet a 'Clara', a 'Habego' és az R-01 fajtajelölt követett. Azonban ez utóbbi fajták esetében a méretparaméterekben való szignifikáns eltérés a bogyótömegben már nem volt igazolható, míg a 'Leikora' bogyójának tömege (0,64 g) statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt, mint a többi vizsgált fajta gyümölcse.

Egyes feldolgozóipari célok esetében (pl. lé- és velőgyártás kihozatala, egész bogyó szárítása) a bogyók méretén túl a magtömegnek és a kő-mag aránynak is fontos szerepe van. Legnagyobb magtömege az R-01 fajtajelölt, valamint a 'Leikora' és a 'Mara' gyümölcsének volt, bár a fajták bogyóinak kő-mag arányában szignifikáns eltérés nem volt igazolható. Tehát, a vizsgált fajták esetében a nagyobb bogyótömeghez, arányosan nagyobb magtömeg társult.

1. táblázat. Homoktövisfajták bogyóinak méretparamétere

Fajta	Magasság (mm)(1)	Vastagság (mm)(2)	Szelesség (mm)(3)	Bogyó tömeg (g) (4)	mag tömeg (g) (5)	kő/mag (6)
Ascola	9,14±0,42 ^a	6,96±0,33 ^a	6,76±0,37 ^a	0,27±0,05 ^a	0,027±0,007 ^b	7,59±1,48a
Clara	11,15±0,49 ^b	6,89±0,29 ^a	6,94±0,28 ^{ab}	0,35±0,05 ^a	0,019±0,001 ^a	5,52±1,04a
Habego	10,11±0,45 ^{ab}	6,66±0,29 ^a	6,49±0,29 ^a	0,25±0,06 ^a	0,036±0,005 ^a	6,85±1,13a
Leikora	12,67±0,47 ^c	9,17±0,49 ^b	8,99±0,45 ^c	0,64±0,07 ^b	0,029±0,006 ^b	5,63±1,02a
Mara	9,88±0,49 ^a	7,00±0,42 ^a	6,81±0,35 ^{ab}	0,28±0,04 ^a	0,020±0,002 ^a	6,61±1,14a
R-01	9,48±0,39 ^a	7,72±0,29 ^a	7,64±0,28 ^b	0,37±0,04 ^a	0,032±0,004 ^b	7,76±1,21a

A felső index kisbetűvel jelzi a fajták közötti szignifikáns különbséget. A bemutatott értékek átlagok ± szórás. (Tukey tesz, $p < 0,05$). The letters indicate significance differences between the varieties. Presented values are means ± SD (Tukey's test, $p < 0.05$).

Table 1. Size and mass parameters of the berries of sea buckthorn cultivars (1) height, (2) thickness, (3) width, (4) berry weight, (5) seed weight, (6) seed/berry ratio

Homoktövisfajták bogyóinak refrakció értéke és titrálható savtartalma

A gyümölcsök refrakció értékének és a savtartalmának, valamint ezek egymáshoz viszonyított arányának friss fogyasztási és feldolgozóipari szempontból is kiemelt szerepe van. Tiitinen és munkatársai (2005) megfigyelése alapján a homoktövis esetében az összes cukor és a cukor/sav arány pozitívan korrelált az édességgel, negatívan a savanyúsággal és a fanyarsággal, így ezek vizsgálata fontos szempont a fajták érzékszervi tulajdonságainak, ezzel együtt a fogyasztói megítélésének és elfogadottságának szempontjából.

Korábbi kutatási eredmények bizonyítják, hogy a homoktövis genotípusok vízdoldható szárazanyagtartalmában jelentős különbségek vannak (2,9-35,2 °Brix) (Green et al. 2013; Kuhkheil et al. 2017; Ficzek et al. 2019; Ma et al. 2020). Jelen kutatásunk során vizsgált homoktövis fajták vízdoldható szárazanyagtartalma 6,3-10,8 °Brix között volt (2. táblázat). Statisztikailag igazolhatóan magasabb cukortartalma van az R-01 fajtajelölt (10,2 °Brix) és a 'Mara' (10,9 °Brix) bogyóinak a többi vizsgált fajtaéhoz képest. Eredményeink hasonlóak a korábbi kutatásaink során vizsgált szintén hazai ökológiai körülmények között termesztett, de más termőhelyről (É.sz. 47 °11'87", K.h. 20° 21'97) származó 'Leikora' (5,6 °Brix) és 'Ascola' (7,9 °Brix) bogyóinak refrakciójához (Ficzek et al. 2019). Mezey és munkatársai (2022) a 'Leikora' fajta esetében délnyugat szlovákiai termőhelyen 4,8 Brix fokot mértek, mely elmarad jelen tanulmány mérési eredményeitől. Míg török (10,1-14,8 °Brix) (Ercisli et al. 2007), valamint iráni vad genotípusokban (8,6-35,2 °Brix) (Kuhkheil et al. 2017) jelentősen magasabb értéket mértek. Green és munkatársai (2013) Kanadában termesztett fajták esetében 8,9-12,5 °Brix között mérték a vízdoldható szárazanyag tartalmát, míg Finnországban ez jóval alacsonyabb, 1,9-7,1 g/100g (Tiitinen et al. 2005).

2. táblázat. Homoktövis fajták bogyóinak cukor- és savtartalma

	Brix°(1)	sav (g/100g)(2)	cukor/sav(3)
Ascola	9,1±0,1 ^{ab}	2,7±0,1 ^b	3,4±0,31 ^a
Clara	7,3±0,2 ^a	1,9±0,13 ^{ab}	3,8±0,39 ^a
Habego	6,7±0,1 ^a	2,3±0,29 ^b	2,9±0,42 ^a
Leikora	6,3±0,5 ^a	2,0±0,52 ^{ab}	3,1±0,75 ^a
Mara	10,9±0,6 ^b	1,4±0,04 ^a	7,8±0,35 ^b
R-01	10,2±0,8 ^b	3,7±0,09 ^c	2,7±0,27 ^{ab}

A felső index kisbetűkkel jelzi a fajták közötti szignifikáns különbséget. A bemutatott értékek átlagok ± szórás (Tukey teszt, $p < 0,05$). The letters indicate significance differences between the varieties. Presented values are means ± SD (Tukey's test, $p < 0.05$).

Table 2. Soluble solid content and acid content of berries of sea buckthorn cultivars
Soluble solid content, (2) acid content, (3) sugar acid ratio

Eredményeink alapján legnagyobb titrálható savtartalma az R-01 fajtajelölt gyümölcsének van (3,7 g/100g), melyet az 'Ascola' (2,7 g/100g) és a 'Habego' (2,3 g/100g) követ, míg a többi vizsgált fajta gyümölcse alacsonyabb, de statisztikailag azonos értékeket mutat. Ercisli és munkatársai (2007) török vad fajokban 2,64-4,54 g/100g, valamint Tang és munkatársai (2001) hibrid populációban (3,25-4,46 g/100g) kissé nagyobb, míg finn természetű fajták esetében jelentősen nagyobb 3,1-5,1 g/100g titrálható savtartalom értéket mértek (Tiitinen et al. 2005). Kanadai természetű fajták esetében a savtartalom jelentősen alacsonyabbnak bizonyult, 1,42-1,89 g/100g (Green és Low 2013).

Mezey és munkatársai (2022) a Leikora fajta esetében az általunk mért értéknél (2 mg/100g) magasabb 2,61 g/100 g savtartalmat és jelentősen alacsonyabb vízdoldható szárazanyagartalmat (4,81 °Brix) mutatott ki, aminek következtében a délnyugati szlovákiai termőhelyen termesztett 'Leikora' bogyóinak cukor/sav aránya (1,81) jelentősen elmaradt a jelen tanulmány eredményeitől.

A 'Mara' gyümölcse az általunk vizsgált fajták között a legmagasabb cukortartalommal és a legalacsonyabb savtartalommal rendelkezett, amely kiemelkedően magas cukor/sav arányt eredményezett (7,8). A vizsgált genotípusok °Brix értéke és titrálható savtartalma ugyan szignifikánsan különböző, azonban a cukor/sav arányuk a 'Mara' kivételével statisztikailag igazolhatóan azonos (2,7-3,9).

Ma és munkatársai (2020) Észtországból termesztett fajták esetében 7,0-11,0 °Brix és 4,0-9,3 g/100g között savtartalmat mért, így a cukor/sav arány 0,3-1,3 között volt, mely jóval alacsonyabb érték a hazai természetű fajtákhoz képest.

Homoktövisfajták bogyóinak színjellemzői

Feldolgozóipari szempontból a bogyó színnek kiemelkedő jelentősége van, mivel befolyásolja a belőle készülő termék színét, árnyalatát és ezzel együtt a feldolgozás és tárolás alatti színtabilitást is. A homoktövis bogyók színe a sárgától a narancs-vörös színig terjed, helyeként piros árnyalatokkal,

tehát igen nagy a szín variabilitása (Wang et al. 2022). A CieLab színinger koordináták alkalmasak a szín jellemzésére és a fajták közötti különbségek bemutatására.

A homoktövisfajták termésének színében számottevő különbségek voltak mind az öt vizsgált mutatószám esetében (3. táblázat). Kiemelkedően magas értéket mutatott a sárga színösszetevő és a világossági tényező és ezzel összefüggésben a színtelítettség érték és a színárnyalat a 'Clara' és a 'Habego' termésében. Legalacsonyabb színtelítettség értékkel (Chroma) és színezeti szöggel (Hue) a mért L^* , a^* , b^* koordináták alapján az 'Ascola' fajta jellemezhető. A színparaméterek esetében mért nagy változatosság oka feltehetően a karotinoidok koncentrációjában és akkumulációjában keresendő. Korábbi kutatásaink bizonyítják, hogy az egyes genotípusok termésének karotinoid tartalmában jelentős eltérések vannak (Ficzek et al. 2019; Dóka et al. 2021).

3. táblázat. Homoktövis fajták bogyóinak CIELAB színjellemzői

	Világossági tényező L^* (1)	Piros-zöld szín- összetevő (a^*) (2)	Sárga-kék szín-összetevő (b^*) (3)	Szín- telítettség (Chroma) (4)	Szín- árnyalat (Hue) (5)
Ascola	45,59±0,2 ^c	0,51±0,0 ^a	0,58±0,0 ^a	1,04±0,01 ^a	48,47±1,56 ^a
Clara	56,01±0,0 ^f	14,67±1,5 ^e	53,26±1,6 ^d	8,24±0,18 ^e	74,62±0,99 ^c
Habego	51,72±0,5 ^e	14,12±0,2 ^e	49,68±1,0 ^d	7,99±0,08 ^d	74,13±0,11 ^c
Leikora	50,01±0,8 ^d	16,89±0,3 ^e	46,32±1,5 ^d	7,90±0,11 ^d	69,96±0,34 ^{bc}
Mara	42,84±0,2 ^b	15,11±0,2 ^e	25,90±0,4 ^c	6,40±0,04 ^c	59,75±0,15 ^{ab}
R-01	41,05±0,3 ^a	7,42±0,5 ^b	15,89±0,6 ^b	4,81±0,11 ^b	65,15±0,81 ^{bc}

A felső index kisbetűkkel jelzi a fajták közötti szignifikáns különbséget. A bemutatott értékek átlagok ± szórás. (Tukey teszt, $p < 0,05$). The letters indicate significance differences between the varieties. Presented values are means ± SD (Tukey's test, $p < 0.05$).

Table 3. CIELAB colour space parameters of berries of sea buckthorn cultivars

Green és munkatársai (2013) kanadai termesztésű fajták esetében 46,1-48,5 közötti világossági tényezőt (L^*) mértek, mely a hazai termesztésű fajták közül a 'Mara-val' és az 'Ascola'-val mutat leginkább egyezést. A vörös-zöld hányados tekintetében (a^*) 17,3-33,8 közötti értékeket mutattak a fajták, mely azt mutatja, hogy inkább vöröses árnyalatúak voltak. A hazai termesztésű fajták közül a 'Clara', a 'Habego', a 'Leikora' és a 'Mara' mutat hasonlóságot. A sárga-kék (b^*) hányadost illetően 37,3-59,1 közötti értékeket mértek, jelen tanulmány által vizsgált fajták közül a 'Clara', a 'Habego' és a 'Leikora' mutat hasonlóságot.

A Chroma a szín erősségére vagy intenzitására, azaz a szín telítettségére utal. Green és munkatársai (2013) által vizsgált fajtákban 60,2-70,5 között volt a bogyók Chroma értéke, míg a Hue, azaz a színárnyalat 41,8-68,2 között volt. A Hue értékei hasonlóak az általunk vizsgált hazai termesztésű fajtákhoz.

Ugyanakkor nem elegendő a nyersanyag színkoordinátáinak ismerete, hiszen a feldolgozás során a szín jelentősen változhat, ezért további vizsgálatok szükségesek, hogy képet kapjunk az egyes genotípusok technológiai műveletek hatására bekövetkező színváltozásáról.

Homoktövisfajták magjának zsírsav-összetétele

A homoktövis magok zsírsav-összetételének eredményeit mutatja a 4-5. táblázat. A telített zsírsavak 16,06-27,4% között alakultak, a 'Mara' magjának volt legkisebb a telített zsírsav tartalma (16,6%), míg az R-01 fajtajelöltnek volt a legmagasabb (27,4%). Cakir (2004) török fajták zsírsavprofilját elemezte és a telített zsírsavak arányát a magban 31,4%-ban adta meg. A telítetlen zsírsavak összes mennyisége 72,6-83,4% között volt, ezen belül a többszörösen telítetlen zsírsavaké 32,3-58,1% között (5. táblázat). Cakir (2004) a telítetlen zsírok arányát a török fajták esetében 68,6%-ban határozta meg.

A többszörösen telítetlen zsírsavak közül a vizsgált minták magjaiban kiemelkedő mennyiségben található linolsav (17,0-33,2%), valamint linolénsav (15,3-24,9%). Ebben a tekintetben a 'Mara' és az 'Askola' fajták kiemelkedőek. Ciesarova (2020) több, mint 20 nemzetközi tanulmány adatait elemezte és hasonlította össze, ezek alapján a homoktövis mag linolsav 35-40%, míg a linolénsav tartalma 20-35% között van. Az általunk vizsgált fajtákban a linolsav mennyisége néhány százalékkal alulmarad a nemzetközi összehasonlításhoz képest, míg a linolénsav a legtöbb esetben meg is haladja azt.

A linolsav egy olyan telítetlen omega-3 zsírsav, amely esszenciális és az étkezéssel kell bevinni a szervezetbe. Az emberi szervezetben a sejtmembránok és a mitokondrium membránok fiziológiai összetevői, és szerepet játszanak a sejtranszport mechanizmusában és a neuronális jelek átvitelében (Zielińska és Nowak 2014). A linolsav aránya eltérést mutat a subsp. *rhamnoides*, és a subsp. *sinensis* alfajok között (Yang és Callio 2001).

A linolénsav egy többszörösen telítetlen omega-6 zsírsav, amelyet szintén nem képes az emberi szervezet önmagában szintetizálni, de a gyermekek normális növekedéséhez nélkülözhetetlen (Solá Marsiñach és Cuenca 2019).

4. táblázat. Homoktövisfajták magjának zsírsavösszetétele (mg/100g)

	Ascola	Clara	Habebo	Leikora	Mara	R-01
zsírsav	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g
Teltett zsírsavak(1)*						
Mirisztinsav	133,8 ± 36,6	13055,9 ± 986,5	69,6 ± 5,8	130,2 ± 4,2	88,9 ± 6,0	75,8 ± 0,0
Pentadékansav	69,6 ± 19,7	40,32 ± 2,9	45,9 ± 3,7	47,05 ± 3,1	53,2 ± 1,6	34,9 ± 0,3
Palmitinsav	11121,9 ± 2272,9	13055,9 ± 986,5	13098,9 ± 144,2	13246,4 ± 281,8	8472,8 ± 317,7	11833,7 ± 463,8
Szearinsav	1635,9 ± 348,1	1125,6 ± 87,3	1487,2 ± 16,4	1497,8 ± 28,0	1353,6 ± 45,3	750,5 ± 23,7
Arachinsav	249,3 ± 55,6	219,2 ± 35,7	276,8 ± 21,8	305,1 ± 8,2	237,5 ± 4,8	137,2 ± 4,3
Behénsav	75,1 ± 21,6	73,1 ± 14,3	56,5 ± 19,9	93,2 ± 27,2	65,3 ± 2,2	45,4 ± 12,6
Egyszeresen telítetlen zsírsavak(2)*						
Palmitoleinsav	8617,0 ± 1736,7	9552,1 ± 684,8	9294,5 ± 110,2	10661,7 ± 226,4	5543,5 ± 215,5	12272,7 ± 500,2
Olajsav	11611,5 ± 2291,8	11757,4 ± 808,2	13567,2 ± 85,6	11325,6 ± 212,4	10102,1 ± 432,6	9891,8 ± 366,6
Gondoinsav	20,7 ± 6,3	29,1 ± 0,7	14,9 ± 3,1	18,9 ± 4,2	128,8 ± 2,7	18,7 ± 1,0
cisz-1,5-tetrakozénsav	10,5 ± 1,4	6,4 ± 3,2	5,6 ± 7,9		3,1 ± 1,4	7,0 ± 4,5
Többszörösen telítetlen zsírsavak(3)*						
Linolsav	22571,6 ± 4121,3	13623,0 ± 261,7	14756,2 ± 254,7	13740,7 ± 244,2	20764,2 ± 1215,2	9332,4 ± 386,6
α -linolénsav	16764,2 ± 3338,6	11963,6 ± 844,8	15269,2 ± 162,8	13037,4 ± 270,9	15570,0 ± 620,6	8436,0 ± 320,2
Dihomo- γ -linolénsav	16,3 ± 4,0	19,4 ± 0,8	11,4 ± 2,9	12,7 ± 1,6	9,9 ± 1,7	12,7 ± 1,4
Omega-6/omega-3 (linolsav/linolénsav)	1,3	1,13	0,96	1,05	1,33	1,10

*átlag ± szórási, average ± standard deviation

Tábla 4. Fatty acid composition of sea buckthorn seeds (mg 100 g⁻¹).

Saturated fatty acids, (2) Monounsaturated fatty acids, (3) Polyunsaturated fatty acids

5. táblázat. Homoktövisfajták magjának zsírsavösszetétele (m/m%)

	Ascola	Clara	Habego	Leikora	Mara	R-01
zsírsav	m/m%	m/m%	m/m%	m/m%	m/m%	m/m%
Telített zsírsavak(1)						
Mirisztinsav	0,2 ± 0,0	20,8 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0
Pentadekánsav	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0
Palmitinsav*	15,1 ± 0,3	20,8 ± 0,0	19 ± 0,3	20,2 ± 0,0	13,6 ± 0,1	21,5 ± 0,0
Sztearinsav*	2,2 ± 0,1	1,8 ± 0,0	2,2 ± 0,0	2,3 ± 0,0	2,2 ± 0,0	1,4 ± 0,0
Arachinsav	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,4 ± 0,0	0,2 ± 0,0
Behénsav	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0
Egyszeresen telítetlen zsírsavak(2)						
Palmitoleinsav*	11,7 ± 0,2	15,2 ± 0,1	13,5 ± 0,2	16,3 ± 0	8,9 ± 0,1	22,3 ± 0,0
Olajsav*	15,8 ± 0,2	18,8 ± 0,2	19,7 ± 0,2	17,3 ± 0	16,2 ± 0	18 ± 0,0
Gondoinsav	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0,2 ± 0	0 ± 0
cisz-15-tetrakozénsav	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Többszörösen telítetlen zsírsavak(3)						
Linolsav*	30,7 ± 0,1	21,8 ± 1,3	21,4 ± 0,4	21,0 ± 0,0	33,2 ± 0,4	17,0 ± 0,0
α-linolénsav*	22,8 ± 0,3	19,1 ± 0,1	22,2 ± 0,3	19,9 ± 0,0	24,9 ± 0,1	15,3 ± 0,0
Dihomo-γ-linolénsav	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Zsírsavak aránya(4)						
Telített zsírsavak (%)	19,0	25,1	23,2	25,5	16,6	27,4
Telítetlen zsírsavak (%)	81,0	74,9	76,8	74,5	83,4	72,6
Többszörösen telítetlen zsírsavak (%)	53,5	40,9	43,6	40,9	58,1	32,3

Table 5. Fatty acid composition of sea buckthorn seeds (m/m%)

Saturated fatty acids, (2) Monounsaturated fatty acids, (3) Polyunsaturated fatty acids, (4) Ratio of unsaturated fatty acids

Számos tanulmány arról számol be, hogy az ember olyan étrenden fejlődött, amelyben az omega-6 és az omega-3 esszenciális zsírsavak aránya kb. 1, míg a nyugati étrendben ez az arány 15/1-16,7/1. Az elmúlt 30 évben a teljes zsír- és telített zsírbevétel az összes kalória százalékában csökkent ugyan a nyugati étrendben, miközben az omega-6 zsírsav bevétele nőtt, az omega-3 zsírsav pedig csökkent. Ennek következtében a mai kor embere nem ritkán olyan étrendet folytat, ahol az omega-6/omega-3 arány 20:1 vagy még magasabb. A zsírsavak összetételének ez a változása arányos a túlsúly, a szív- és érrendszeri betegségek, a rák, a gyulladásos és autoimmun betegségek, valamint az elhízás gyakoriságának jelentős növekedésével (Simopoulos 2008).

A szív- és érrendszeri betegségek másodlagos prevenciójában a 4/1 arány a halálozás 70%-os csökkenésével járt. A 2,5/1-es arány csökkentette a vastag- és végbélrákos betegekénél a sejtek szaporodását, illetve nőknél csökkentette a mellrák kockázati tényezőjét. Az omega-6/omega-3 zsírsavak alacsonyabb aránya kívánatosabb a nyugati társadalmakban, valamint a fejlődő országokban gyakran előforduló krónikus betegségek kockázatának csökkentése érdekében (Simopoulos 2016).

A vizsgált fajták közül a 'Habego' (0,96), a 'Leikora' (1,05) és az R-01 (1,1) a legkedvezőbbben az omega6/omega3 javasolt bevétele szempontjából, de a többi fajta esetében is ez az arány max. 1,33.

Az egyszerűen telítetlen zsírsavak közül kiemelendő a palmitoleinsav (omega 7), mely Ciesarova (2020) összefoglaló tanulmánya alapján a homoktövis magban 1,5-8% között található. Az általunk vizsgált fajták mindegyike felülmúlja ezen értékeket, előfordulása 8,9-22,3%. Különösen kiemelhető az R-01 fajtajelölt, mely a 'Mara'-hoz képest háromszoros, míg a többi fajtához képest kb. 1,5-szeres mennyiséget tartalmaz.

A palmitoleinsav felelős a bőr önfertőtlenítő tevékenységéért, javítja a bőr és a nyálkahártya rendellenességeit (Yamamoto et al. 2015). A palmitoleinsav (16:1) egy olyan egyszerűen telítetlen omega-7 zsírsav, amely nagyon ritka a növényvilágban, így nagyon nehéz növényi táplálékforrásokon keresztül bevinni az emberi szervezetbe. A homoktövis azon kevés növények egyike, amelyek ezt a zsírsavat tartalmazzák. A legtöbb tanulmány szerint inkább a bogyó húzában és hézában fordul elő, a magban kevésbé (Yang és Kallio 2001).

Az olajsav egyszerűen telítetlen omega-9 zsírsav, melynek előnye más egyszerűen telítetlen zsírsavakkal szemben az oxidációval szembeni ellenállása (Basu et al. 2007). A mag és a bogyó hús egyaránt gazdagok olajsavban. A mag 15-26%, míg a hús 10-26% között tartalmazza. Számos tanulmány kimutatta, hogy az olajsav csökkenti a sejtadhéziós molekulák előfordulását az egyrétegű laphámában, és ez összefüggésbe hozható az érlelmesedés ellenei hatásával (Manning et al. 2012).

Következtetés

A homoktövis fajták fizikai, biokémiai, érzékszervi tulajdonságainak, az egyes fajták feldolgozástechnológiai műveletek hatására mutatott változásainak vizsgálata folyamatos kutatást igényel. A kéméletes feldolgozási eljárások terjedése lehetőséget biztosít a bioaktív hatóanyagok minél nagyobb mértékű megőrzésére, ezért ezek alkalmazhatóságának feltérképezése kiemelt jelentőségű. A homoktövis bogyók esetében eddig a feldolgozóipar a lé, velő, illetve különböző étrend-kiegészítők, pl. magolaj, törköly őrlemény feldolgozására szorítkozott. A bogyók egészben történő szárításának nagy előnye az, hogy a hús, a héj és a mag együtt kerül feldolgozásra, így fogyasztásra. Fontos azonban a bogyók tulajdonságainak ilyen szempontból történő megközelítése és vizsgálata,

azaz a bogyók fizikai paramétereinek, színjellemzőinek, cukor/sav arányának, illetve a bogyók zsírsavprofiljának vizsgálata. A fizikai paraméterek a feldolgozhatóságot, a szárítás paramétereinek beállítását, a cukor/sav arány az érzékszervi jellemzőket, míg a zsírsavprofil a humán egészségre gyakorolt hatást és egyben a szárított termékek avasodását, eltarthatóságát jellemzi.

A vizsgált paraméterek alapján a 'Mara', a 'Clara' és az 'Ascola' ígéretesek a cukor/sav arányuk alapján. A zsírsavprofil tekintve szintén a 'Mara' emelkedik ki a magas telítetlen zsírsav arányával, azonban a funkcionalitást előtérbe helyezve fontos kiemelni az R-01 fajtajelöltet kiemelkedő palmitoleinsav tartalmával és kedvező omaga 6/omega 3 arányával. A továbbiakban, a feldolgozás-technológiai kutatásokat, kiemelten az egész bogyók szárítását érdemes ezen fajtákkal folytatni.

Felhasznált irodalom

1. Aaby, K., Martinsen, B.K., Borge, G.I. and Røen, D. 2020. Bioactive compounds and color of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) purees as affected by heat treatment and high-pressure homogenization. *International Journal of Food Properties*, 23(1): 651-664.
2. Basu, M., Prasad, R., Jayamurthy, P., Pal, K., Arumughan, C. and Sawhney, R.C. 2007. Anti-atherogenic effects of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) seed oil. *Phytomedicine*, 14(11): 770-7.
3. Boca, A.N., Ilies, R.F., Saccomanno, J., Pop, R., Vesa, S., Tataru, A.D. and Buzoianu, A.D. 2019. Sea Buckthorn Extract in the Treatment of Psoriasis. *Exp. Ther. Med.* 17(2): 1020-1023. DOI: 10.3892/etm.2018.6983.
4. Cakir, A. 2004. Essential oil and fatty acid composition of the fruits of *Hippophae rhamnoides* L. (Sea Buckthorn) and *Myrtus communis* L. from Turkey. *Biochemical systematics and ecology*, 32(9): 809-816.
5. Chand, N., Naz, S., Irfan, M., Khan, R.U. and ur Rehman, Z. 2018. Effect of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed supplementation on egg quality and cholesterol of Rhode Island Red× Fayoumi laying hens. *Korean journal for food science of animal resources*, 38(3): 468.
6. Ciesarová, Z., Murkovic, M., Cejpek, K., Kreps, F., Tobolková, B., Koplík, R., ... and Burčová, Z. 2020. Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review. *Food Research International*, 133: 109170.
7. Codex Alimentarius 1995. Determination of water-soluble dry matter in food, No. 3-1-558/93.
8. Crăciun, I. 2018. Comparative study of liposoluble vitamins and fatty acids from sea Buckthorn oil, wheat germ oil and fish oil. *Acta Universitatis Cibinensis, Series E: Food Technology*, 22(2).
9. Dóka, O., Máté, M., Székely, D., Jócsák, I., Ficzek, G., Simon, G. and Végvári Gy. 2021. HPLC and direct photothermal techniques for quantification of β -carotene in sea buckthorn juices. *European Journal of Horticultural Science*, 86(5): 493-498.
10. Dulf, F.V. 2012. Fatty acids in berry lipids of six sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L., *subspecies carpatica*) cultivars grown in Romania. *Chemistry Central Journal*, 6(1): 1-12.
11. Ercisli, S., Orhan, E., Ozdemir, O. and Sengul, M. 2007. The genotypic affects on the chemical composition and antioxidant activity of sae buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries grown in Turkey, *Scientia Horticulturae*, 115: 27-33.
12. Ficzek, G., Mátravölgyi, G., Furulyás, D., Rentsendavaa, C., Jócsák, I., Papp, D., Simon, G., Végvári, Gy. and Stéger-Máté M. 2019. Analysis of bioactive compounds of three sea buckthorn cultivars (*Hippophae rhamnoides* L. 'Askola', 'Leikora', and 'Orangeveja') with HPLC and spectrophotometric methods. *European Journal of Horticultural Science*, 84(1): 31-38.
13. García, V.L. 2019. The omega 7 as a health strategy for the skin and mucous membranes. *EC Nutr*, 14: 484-489.

14. Geertsens, J.L., Allesen-Holm, B.H. and Giacalone, D. 2016. Consumer-led Development of Novel Sea-buckthorn Based Beverages. *J. Sens. Stud.* 31(3): 245–255. DOI: 10.1111/joss.12207.
15. Gęgotek, A., Jastrząb, A., Jarocka-Karpowicz, I., Muszyńska, M. and Skrzydlewska, E. 2018. The effect of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed oil on UV-induced changes in lipid metabolism of human skin cells. *Antioxidants*, 7(9): 110.
16. Green, R.C. and Low, N.H. 2013. Physicochemical composition of buffaloberry (*Shepherdia argentea*), chokecherry (*Prunus virginiana*) and sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) fruit harvested in Saskatchewan, Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 93(6): 1143-1153.
17. Kuhkheil, A., Naghdi Badi, H., Mehrafarin, A. and Abdossi, H. 2017. Chemical constituents of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) fruit in populations of central Alborz Mountains in Iran. *Research Journal of Pharmacognosy*, 4(3): 1-12.
18. Li, T.S. and Beveridge, T.H. 2003. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): production and utilization (No. 45317). NRC Research Press.
19. Ma, X., Yang, W., Marsol-Vall, A., Laaksonen, O. and Yang, B. 2020. Analysis of flavour compounds and prediction of sensory properties in sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(4): 1705-1715.
20. Magyar Szabvány. 1998. MSZ EN 12147:1998. Gyümölcs- és zöldséglevék. A titrálható savasság meghatározása.
21. Manning, P.J., De, J.S., Ryalls, A.R. and Sutherland, W.H.F. 2012. Paraoxonase 1 activity in chylomicrons and VLDL: the effect of type 2 diabetes and meals rich in saturated fat and oleic acid. *Lipids*. 47(3): 259–67.
22. McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27: 1254–1255.
23. Mezey, J., Hegedűs, O., Mezeyová, I., Szarka, K. and Hegedűsová, A. 2022. Thermal treatment influence on selected nutritional values of common sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) juice. *Agronomy*, 12(8): 1834.
24. MSZ EN ISO 12966-2:2018. Állati és növényi zsírok és olajok.
25. Pallavee, K. and Ashwani, M. 2017. Sea buckthorn juice: nutritional therapeutic properties and economic considerations. *Int. J. Pharm. Phytochem. Res*, 9: 880-884.
26. Poljšak, N., Kreft, S. and Kočevar Glavač, N. 2020. Vegetable butters and oils in skin wound healing: Scientific evidence for new opportunities in dermatology. *Phytotherapy research*, 34(2): 254-269.
27. Saryakumar, G. and Gupta, A. 2011. Medicinal and therapeutic potential of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) *Journal of Ethnopharmacology*, 138: 269-278. 10.1016/j.jep.2011.09.024
28. Simopoulos, A.P. 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental biology and medicine*, 233(6): 674-688).
29. Simopoulos, A.P. 2016. An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. *Nutrients*, 8(3): 128.
30. Singh, V. 2005. Free radicals, diseases, anti-oxidants and anti-oxidant properties of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *Seabuckthorn*, 3-69.
31. Solà Marsiñach, M. and Cuenca, A.P. 2019. The impact of sea buckthorn oil fatty acids on human health. *Lipids in Health and Disease*, 18(1): 1-11.
32. Tang, X., Kälviäinen, N. and Tuorila, H. 2001. Sensory and hedonic characteristics of juice of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) origins and hybrids. *LWT-Food Science and Technology*, 34(2): 102-110.
33. Teleszko, M., Wojdyło, A., Rudzińska, M., Oszmiański, J. and Golis, T. 2015. Analysis of lipophilic and hydrophilic bioactive compounds content in SB (*Hippophae rhamnoides* L.) berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(16): 4120–4129.
34. Tormási, J. and Abrankó, L. 2021. Assessment of Fatty Acid-Specific Lipolysis by *In Vitro* Digestion and GC-FID. *Nutrients*, 13: 3889.

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(5): 1692-1699.
36. Voss, D.H. 1992. Relating colorimeter measurement of plant color to the Royal Horticultural Society Colour. *Hort Science*, 27: 1256–1260.
37. Wang, K., Xu, Z. and Liao, X. 2022. Bioactive compounds, health benefits and functional food products of sea buckthorn: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(24): 6761-6782.
38. Yamamoto, Y., Kawamura, Y., Yamazaki, Y., Kijima, T., Morikawa, T. and Nonomura, Y. 2015. Palmitoleic Acid calcium salt: a lubricant and bactericidal powder from natural lipids. *J Oleo Sci.* 64(3): 283–288.
39. Yang, B. and Kallio, H.P. 2001. Fatty acid composition of lipids in SB (*Hippophae rhamnoides* L.) berries of different origins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 1939–1947.
40. Zakyntinos, G., Varzakas, T. and Petsios, D. 2016. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) lipids and their functionality on health aspects. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 4(3): 182-194.
41. Zielińska, A. and Nowak, I. 2014. Fatty acids in vegetable oils and their importance in cosmetic industry. *CHEMIK nauka-technika-rynek*, 68(2): 103-110.

Evaluation of certain physicochemical properties of berries and fatty acid content of seeds in some sea buckthorn genotypes

MÁTÉ, M.¹, SELIMAJ, G.^{1,2}, SIMON, G.², SZALÓKI-DORKÓ, L.¹, FICZEK, G.²

¹Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Food Science and Technology, Department of Fruit and Vegetable Processing Technology

²Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Horticulture, Department of Fruit Growing

E-mail: Ficzek.Gitta@uni-mate.hu

Summary

Since sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) is consumed mainly in processed form, the evaluation of certain physicochemical properties of the berries from the food processing point of view is an important task. The aim of this study was to determine the physicochemical parameters (soluble solid content, total titratable acidity, sugar/acid ratio), color characteristics (L^* , a^* , b^*) and fatty acid profile of five varieties ('Askola', 'Clara', 'Habego', 'Leikora', 'Mara') and one Hungarian candidate, R-01, from the aspect of processability of the whole berries (e.g. drying). The differences were significant between the soluble solid content (6.3–10.84 °Brix) and titratable acid (1.4–3.7%) values of berries. The highest sugar/acid ratio was measured in case of 'Mara'. Regarding the fatty

acid profile, the amount of unsaturated fatty acids was measured between 72.6–83.4%, including polyunsaturated fatty acids, which was between 32.3–58.1%. Candidate R-01 can be used as a raw material for functional foods due to its significant content of palmitoleic acid and a favourable omega-6/omega-3 ratio.

Keywords: sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) cultivar; candidate; physical parameters; color coordinates; fatty acids; processability; GC-FID

Szerzők

Máté Mónika – PhD, egyetemi docens, MATE, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Gyümölcs- és Zöldségfeldolgozás Technológia Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Selimaj Granit – PhD hallgató, MATE, Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Tanszék, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Gyümölcs- és Zöldségfeldolgozás Technológia Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Simon Gergely – PhD, egyetemi docens, MATE, Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Szalóki-Dorkó Lilla – PhD, egyetemi adjunktus, MATE, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Gyümölcs- és Zöldségfeldolgozás Technológia Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Ficzek Gitta (kapcsolattartó szerző) – PhD, egyetemi docens, MATE, Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.