



Élelmiszertudományi Kar

Magas antioxidáns tartalmú extraktum előállítása fekete bodza (*Sambucus nigra* L.) törkölyből

Production of a high antioxidant content extract of elderberry (*Sambucus nigra* L.) pomace

TDK dolgozat

Radványi Dalma

II. évf. Élelmiszerbiztonsági
és – minőségi mérnök MSc. hallgató



Témavezető(k):

dr Juhász Réka

egyetemi adjunktus

TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-
0005

TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0023

**Budapest
2012.**

Tartalomjegyzék:

RÖVIDÍTÉSEK	3
1. BEVEZETÉS.....	4
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	5
2.1. ADALÉKANYAGOK, TARTÓSÍTÓSZEREK	5
2.2. A LEGGYAKRABBAN HASZNÁLT TARTÓSÍTÓSZEREK	7
2.3. A TARTÓSÍTÁS BIOLÓGIAI MÓDSZEREI, TERMÉSZETES EREDETŰ TARTÓSÍTÓSZEREK.....	7
2.3.1. <i>A fitoncid vegyületek</i>	<i>8</i>
2.4. POLIFENOLOS VEGYÜLETEK JELLEMZÉSE.....	8
2.5. ÉLELMISZEREINK POLIFENOL TARTALMA.....	10
2.5.1 <i>A flavonoidok biokémiai tulajdonságai</i>	<i>11</i>
2.6. ANTIMIKRÓBÁS TULAJDONSÁG	12
2.7. NÉHÁNY JELLEMZŐ MIKROORGANIZMUS BEMUTATÁSA.....	14
2.8. GYÜMÖLCSTÖRKÖLYÖK ANTIMIKRÓBÁS HATÁSA.....	16
2.9. A FEKETE BODZA (<i>SAMBUCUS NIGRA</i> L.) BEMUTATÁSA	16
2.9.1. <i>A bodzabogyó összetétele és biológiailag aktív komponensei</i>	<i>17</i>
2.9.2. <i>A bodza feldolgozása és helye a népgyógyászatban.....</i>	<i>19</i>
3. CÉLKITŰZÉS.....	21
4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	22
4.1. MÉRÉSHEZ HASZNÁLT ANYAGOK.....	22
4.2. MÉRÉS MENETE.....	22
4.3. MÉRÉSI MÓDSZEREK	23
4.3.1. <i>Extrakt tartalom meghatározása</i>	<i>23</i>
4.3.2. <i>Színező erő vizsgálat</i>	<i>24</i>
4.3.3. <i>Biológiailag aktív komponensek meghatározása spektroszkópiás módszerekkel</i>	<i>24</i>
4.3.6. <i>Statisztikai értékelés</i>	<i>25</i>
4.3.7. <i>Extrakciós hatások meghatározása</i>	<i>25</i>
4.3.8. <i>Mikrobiológiai vizsgálat</i>	<i>25</i>
5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS	27
5.1. BODZATÖRKÖLY EXTRAKTUMOK ALAPTULAJDONSÁGAI	27
5.1.1. <i>Extrakt tartalom</i>	<i>27</i>
5.2. BODZATÖRKÖLY SZÍNEZŐEREJE, pH ÉRTÉKEI	27
5.3. BIOLÓGIAILAG AKTÍV ANYAGOK.....	31
5.3.1. <i>Antocianin tartalom.....</i>	<i>31</i>
5.3.2. <i>Polifenol tartalom</i>	<i>33</i>
5.3.3. <i>FRAP érték.....</i>	<i>36</i>
5.3.4. <i>A legjobb minták kiválasztása</i>	<i>38</i>
5.4. EXTRAKCIÓS HATÁSFOK	38
5.5. MIKROBIOLÓGIAI VIZSGÁLATOK.....	39
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	42
7. ÖSSZEFOGLALÁS	43
IRODALOMJEGYZÉK	45

Rövidítések

ha	- hektár
kb.	- körülbelül
MÉ	- Magyar Élelmiszerkönyv
a_w	- vízaktivitás
pl.	- például
n.a.	- nincs adat
EtOH 50%	- 50%-os etanol oldat
EtOH 70%	- 70%-os etanol oldat
EtOH 90%	- 90%-os etanol oldat
FRAP	- Ferric Reducing Ability of Plasm
FRAP érték	- aszkorbinsav ekvivalensben kifejezett érték
Fruktozim P.	- pektinbontó enzim (Kerttrade Kft.)
TSB	- Tryptic-Soya Broth tápleves
YEPD	- Yeast-Extract-Peptone-Dextrose tápleves
PDA	- Potato-Dextrose Broth tápleves
MRS	- de Man-Rogosa-Sharpe tápleves
BOTÉSZ	- Bodzatermelők Értékesítési Szövetkezete
C.I.E. Lab	- Commission Internationale de la Éclargie színrendszer
L*	- világossági tényező
a*	- vörös-zöld tényező
b*	- sárga-kék tényező
ref%	- refrakció %
K	- kezdeti, azaz hígítatlan extraktumok értékei
H	- 0,7 ref%-ra hígított extraktumok értékei

1. BEVEZETÉS

Az élelmiszer adalékanyagok használata, szükségessége az élelmiszeripar egyik legtöbbet vitatott, legnagyobb érdeklődést kiváltó területe. Az élelmiszer előállítók számára a biztonságos, egyenletesen jó minőségű, vonzó küllemű, hosszan eltartható termékek előállításához nélkülözhetetlenek. A fogyasztók egyre nagyobb hányada idegenkedik tőlük, egészségkárosítónak vélik az „E-számmal” rendelkező anyagokat. A legkisebb megengedhető napi beviteli értékkel a tartósítószer, a mesterséges színezékek és a mesterséges édesítőszer rendelkezik, ezek hordozzák egészségügyi szempontból a legnagyobb kockázatot. Jelenleg számos kutatás irányul arra, hogy ezeket az adalékanyagokat új alapanyagokból kinyert természetes kivonatokkal helyettesítsék.

A növényi nyersanyagokból (fűszernövényekből, zöldségfélékből, gyümölcsökből) természetes színanyagok, illetve fitoncid vegyületek nyerhetők ki, melyek antimikrobás hatásuk révén a növény védelmi rendszerét erősítik. A fitoncid vegyületek közül a gyümölcsökben a polifenolos vegyületek fordulnak elő legnagyobb mennyiségben, melyek antioxidáns hatásuknak köszönhetően többek között antimikrobás hatással is rendelkeznek.

A bogyós gyümölcsök (málna, szeder, fekete ribiszke, fekete bodza stb.) antioxidáns anyagokban (vitaminok, polifenolos vegyületek pl.: flavonoidok, fenolos savak, antocianinok stb.) rendkívül gazdagok. Ezek közül a fekete bodza (*Sambucus nigra* L.) összes polifenol tartalma különösen magas. Magyarországon kb. 1000 ha területen termesztik, és évi 20.000 tonnát exportálnak belőle. A termés legnagyobb részét a lényerést követően sűrítmény gyártásra használják fel, a sűrítményt pedig színező élelmiszerként hasznosítják. A lényerési technológia során keletkező melléktermék is tartalmaz színanyagokat és biológiailag aktív komponenseket.

Dolgozatomban azt vizsgálom, hogy a bodzatörköly hasznosítható-e színezőanyagok, biológiailag aktív komponensek, illetve antioxidánsok kinyerésére, valamint antimikrobás hatású kivonat készítésére.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Adalékanyagok, tartósítószer

- Adalékanyagok

A MÉ 1-2-89/107 előírás szempontjából adalékanyag minden olyan élelmiszerként önmagában nem fogyasztott és jellemző élelmiszer összetevőként nem alkalmazott anyag – tekintet nélkül arra, hogy van-e tápértéke vagy sem –, amelyet az adott élelmiszer gyártása, feldolgozása, elkészítése, kezelése, csomagolása, szállítása és tárolása során technológiai célból szándékosan adnak az élelmiszerhez, melynek eredményeként önmaga vagy származéka közvetlenül vagy közvetetten az élelmiszer összetevőjévé válik. Az előírás nem vonatkozik a technológiai segédanyagokra, a növények vagy növényi termékek védelmére használt anyagokra, az élelmiszerekben felhasznált, a MÉ 1-2-88/388 számú előírás hatálya alá tartozó aromaanyagokra, valamint az élelmiszerekhez adott tápanyagokra (pl. ásványi anyagok, nyomelemek vagy vitaminok) (MÉ 1-2-89/107).

Alapvető követelmény, hogy az emberi szervezetre gyakorolt hatásuk teljesen ártalmatlan legyen (Csapó és Csapóné, 2003).

- Színezékek

A MÉ 1-2-94/36 előírás alkalmazásában a színezékek olyan anyagok, amelyek egy adott élelmiszernek színt adnak vagy az élelmiszer eredeti színét helyreállítják, beleértve az élelmiszerek, valamint a természetes kiindulási anyagok olyan összetevőit is, amelyeket normális körülmények között sem élelmiszerként nem fogyasztanak, sem az élelmiszerek jellemző összetevőjeként nem használnak. Az élelmiszerekből és más természetes eredetű anyagokból fizikai, illetve kémiai eljárással nyert készítmények akkor tekinthetők ezen előírás szempontjából színezéknek, ha a színezőanyagot a tápanyagoktól és az aromatikusan összetevőktől szelektív módon elkülönítették (MÉ 1-2-94/36).

Ezen előírás alkalmazásában nem minősül színezéknek az a szárított vagy koncentrált élelmiszer és aromás anyag, amelyet az élelmiszer előállítása során aromásító, ízesítő vagy táplálkozási (nutritív) tulajdonsága miatt használnak fel, és amelynek másodlagos színező hatása is van (például paprika, sáfrány és kurkuma), illetve olyan színezőanyag, amelyet az élelmiszer nem ehető külső részének (például a sajthéj és kolbász-burkolóanyag) színezésére használnak (MÉ 1-2-94/36).

- Tartósítószer

A tartósítószer olyan vegyület, amely a romlást okozó mikroorganizmusok (élesztők, penészek, baktériumok) életműködését már kis koncentrációban is gátolja, tehát alkalmazásuk célja az élelmiszerekben a mikrobiológiai eredetű romlás megakadályozása (Magda és Marselek, 2000).

A tartósító hatás jellege szerint beszélhetünk:

- fizikai,
- fizikai-kémiai,
- kémiai és
- biológiai tartósító eljárásokról (Magda és Marselek, 2000).

A fizikai módszerek közé tartozik a hőkezelés, melynek hátránya, hogy a tartósan magas hőmérséklet hatására csökken az élelmiszerek élvezeti értéke és biológiai tápértékükből is jelentősen veszítenek (Szenes és Oláh, 1991). Továbbá ezen módszerek közé tartozik a hőelvonásos tartósítás, ahol a tartósított élelmiszerek megőrzik a tápanyagaikat valamint biológiai értékeiket -18 ; -20 °C-on. Általában megfelelő csomagolásban, -18 °C-on tárolva ezek a termékek 12 hónapig megőrzik minőségüket (Szenes és Oláh, 1991). A vízelvonásos tartósítás is a fizikai módszerek egyik eljárása, ahol a víztartalom elvonásával (szárítás, bepárlás) vagy az élelmiszer vizes fázisában oldott anyag koncentrációjának növelésével (sózás, cukrozás) elérhető a vízaktivitás csökkentése. A mikroorganizmusok szaporodása egy kritikus vízaktivitás-érték alatt leáll, hosszabb ideig ezen az értéken tartva pedig pusztulásnak indul. Ez az alsó határ az $a_w=0,60$. A tartósítás fizikai-kémiai módszerei közé tartoznak például a sózás, pácolás, füstölés és cukrozás (Szenes és Oláh, 1991).

Élelmezés-egészségügyi alapelv, hogy az élelmiszerek tartósítását lehetőleg fizikai módszerekkel kell végezni, hogy elkerülhetőek legyenek az adalékanyagokkal esetleg együtt járó egészségügyi veszélyek. Sok esetben azonban elkerülhetetlen ezek használata. Szűkebb értelemben tartósítószernek nevezzük azokat az általában élelmiszeridegen anyagokat, melyek már 0,5% alatt is tartósító hatást fejtenek ki (Szenes és Oláh, 1991).

A mikroorganizmusok működését gátló vagy azokat elpusztító kémiai anyagok az emberi szervezetre is hatással vannak. A káros hatások elkerülése végett ezen anyagok használatát az ipar korlátozza (Szenes és Oláh, 1991).

Szűkebb értelmezés szerint a tartósítószer mikrobiológiai hatásuk miatt az élelmiszerben kis koncentrációban előforduló anyagok, melyek a termék érzékszervi tulajdonságait nem befolyásolják. Alkalmazásuk nagy körültekintést igényel, a biztonságos felhasználás érdekében a következő feltételeknek kell eleget tenni: az alkalmazott vegyület az emberi szervezetre ártalmatlan legyen, az adott élelmiszerben előforduló káros mikroorganizmusok minden fajtájával szemben

hatásos legyen, a termék érzékszervi tulajdonságait ne befolyásolja, kimutatására, meghatározására megbízható módszer álljon rendelkezésre, könnyen kezelhető, felhasználható, valamint lehetőleg olcsó és gazdaságos legyen (Szenes és Oláh, 1991).

2.2. A leggyakrabban használt tartósítószer

A legtöbb általánosan használt tartósítószer elsősorban a penészekre és az élesztőkre hat. Számos tartósítószer bizonyos baktériumok ellen, azok pH optimumán, gyakorlatilag hatástalan. Néhány tartósítószernek a mikroorganizmusokra gyakorolt hatását mutatja be az 1. táblázat (Szenes és Oláh, 1991).

1. táblázat: A tartósítószer mikroorganizmusokra gyakorolt hatása (Forrás: WHO, 1974.; WHO, 2000.; Szenes, Oláh, 1991.; Magda és Marselek, 2000., MÉ 1-2-92/2)

Tartósítószer	Hatásos koncentráció	Mikroorganizmusokra gyakorolt hatás			Emberi szervezetre gyakorolt hatás	
		Baktériumok	Élesztők	Penészek	Egészségügyi hatás	ADI (mg/ttkg/nap)
Nitrit	0,02%-os koncentráció	++	-	-	igen mérgező, karcinogén hatású	0,074
Szulfid	0,15%-os koncentráció	++	+	-	krónikus toxicitással kell számolni	0,7
Propionsav	0,0125%-os koncentráció	+	++	++	felhalmozódhat, nutritív hatással kell számolni	nincs limit
Szorbinsav	0,1%-os koncentráció	+	+++	+++	legkedvezőbb, de van allergizáló hatása	25
Benzoesav	0,15%-os koncentráció	++	+++	+++	allergizáló, nem rákkeltő	5

Jelmagyarázat: - hatástalan; + enyhe hatás; ++ közepes hatás; +++ erős hatás

2.3. A tartósítás biológiai módszerei, természetes eredetű tartósítószer

A fermentációs tartósítás alapja, hogy a termékben olyan, egészségre nem ártalmas mikrobák szaporodását segítik elő, amelyek nemkívánatos mikrobák szaporodását gátló anyagot állítanak elő. A fermentáció kétféleképp mehet végbe: szénhidrátokból alkoholt termelő élesztőkkel, alkoholos italok előállításánál pl. bor, sör gyártása, illetve tejsavat termelő baktériumokkal savanyított termékek készítésénél pl. zöldség-savanyítás, sajtgyártás során (Szenes és Oláh, 1991).

Az élelmiszeriparban jelenleg sokféle tartósítószer használata engedélyezett, melyek nagy részét mesterséges úton állítják elő. Ezzel szemben manapság a vásárlók körében egyre inkább növekszik az igény az olyan élelmiszerek iránt, amelyek természetes alapanyagokból készültek. Ennek köszönhetően a természetes alapú tartósítószer egyre nagyobb jelentőséggel bír. A természetes alapú tartósítószer többsége növényi eredetű.

2.3.1. A fitoncid vegyületek

Fitoncid latin illetve görög eredetű szóösszetétel; magasabb rendű növények által termelt antimikrobás anyagot jelent (Magda és Marselek, 2000). Fitoncid képességen a növények azon védekező mechanizmusát értjük, mellyel más növények, rovarok, gombák és egyéb mikroorganizmusok ellen védekeznek. Az allicin volt az első tanulmányozott fitoncid, melyet fokhagymából nyertek ki (Magda és Marselek, 2000). A fitoncid anyagok kémiaiilag lehetnek alkoholok, glükózidok, aldehidek, szerves savak és cserző anyagok. A növényekben általában illó vegyületek formájában fordulnak elő, légzéssel vagy a növény sejtjeinek sérülésével kerülnek a levegőbe és ott fejtik ki hatásukat (Barna, 2003). A fitoncid vegyületeket tartalmazó növényekkel végzett kísérletek során kimutatták, hogy az antimikrobás hatás és az antioxidáns kapacitás, illetve a polifenol tartalom között szoros összefüggés van. Ezért a polifenol tartalom alapján következtethetünk az antimikrobás hatásra (Rak, 2010).

2.4. Polifenolos vegyületek jellemzése

A flavonoidok a természetben, a növényvilágban elterjedt, az egészségre kedvező hatású vegyületcsoport, a növényi metabolizmus másodlagos termékei, így nem esszenciálisak az őket termelő szervezetek számára. A növényvilágban számos funkciója ismert e vegyületcsoportnak. Kiemelt szerepük van a növényt ért támadások kezelésében, mint az UV sugárzás okozta stressz, növényi kártevők (mikroorganizmusok, gombák, rovarok, csigák stb.) elleni védelemben, oxidatív stresszben (Fereidoon és Shahidi, 2004; de Rijke et al., 2006; Zimmermann és Galensa, 2007; Robards és Antolovich, 1997; Valls et al., 2009), valamint a pigmentálásban (szírmok színe). Képesek az UV-fény elnyelésére, vízben jól oldódnak, hidrolízissel nem bonthatók le. Az élelmiszerként szolgáló növényi anyagokban természetes színezőanyagok, ízkomponensek, antioxidánsok lehetnek (Lugasi, 2003; Kenéz, 2007). További számos hasznos funkcióval járulnak hozzá a növények túléléséhez, úgymint enzimaktivitások regulációja, jeltovábbítás a nitrogénmegkötő baktériumok számára, közreműködnek a fotoszintézisben, az energia transzferben, növényi növekedési hormonként a szabályozásban, valamint irányítják a respirációt, a fotoszintézist, a morfogenezist és a nemi differenciálódást (Lugasi, 2000).

Az polifenolos vegyületeket csoportosítása:

- Flavanonok: Elsősorban a heszperedin és naringenin glikozidok. Fő forrásként a citrusfélék és a belőlük készített gyümölcslevek tekinthetők (Lugasi, 2000, Catherine et al. 1997).
- Flavonok: Ezek a vegyületek részt vesznek a növényi szövetek színének kialakításában, amennyiben nagy koncentrációban vannak jelen és komplexet hoznak létre fémionokkal.

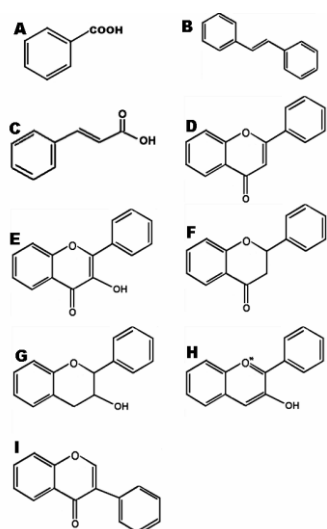
Ugyanakkor egyes ehető növényi részek ízének kialakításához is hozzájárulnak. A flavonok gabonafélékben, gyógy- és fűszernövényekben (rozmaring, kakukkfű) és zöldségekben fordulnak elő leggyakrabban. A legismertebb flavonok az apigenin és luteolin (Lugasi, 2000, Catherine et al. 1997).

- Flavonolok: A növényvilág csaknem minden tagja szintetizál flavonolokat, melyekből a legismertebbek a quercetin és a kempferol. A quercetin általánosan elterjedt a zöldségfélék leveleiben és a gyümölcsökben (Lugasi, 2000, Catherine et al. 1997).

- Antocianinok (antocianidinek): Az antocianinok a természetben heterozid állapotban vannak jelen, a cukorgyököket a 3-as, ritkábban az 5-ös szénatom köti meg. Az aglikon részt (cukor nélküli részt) antocianidinnek nevezzük. Az antocianinok vízben oldódnak, az antocianidinek nem, vagyis vízben oldhatatlanok. A cukor rész tehát az oldhatóságot javítja, illetve megvédi az érzékeny antocianidint a különböző kémiai vagy enzimes behatásoktól. Az antocianidinek és glikozidjaik (antociánok) a bogyós gyümölcsök (bodza, szeder, meggy, szőlő, cseresznye, szilva) a padlizsán, a vöröskáposzta, a retek, a cékla, stb. kékes-vöröses színét eredményezik. Az antocianidinek színe nagymértékben függ a környezet pH-jától. Az antocianidinek pH 3,5-nél általában vöröses színűek, a pH emelkedésével színtelenné válnak, majd lúgos tartományban kékek lesznek (Lugasi, 2000, Catherine et al. 1997).

- Flavan-3-olok, katechinek: Szerkezetüket tekintve ezek a vegyületek meglehetősen bonyolult flavonoidok. A legegyszerűbb flavan-3-ol vegyületek a katechin és az epikatechin. Ezek a vegyületek gyümölcsökben (alma, fekete ribiszke, fekete szeder, áfonya, szőlő, barack, szamóca), gabonafélékben és vörösbortban mutathatók ki (Lugasi, 2000, Catherine et al. 1997).

A flavonoidokra a C₆-C₃-C₆ (difetilpropán) alapszénváz jellemző, a két benzolgyűrű (A és B) egy oxigénatomot tartalmazó heterociklikus pirán-, vagy pirongyűrűn (C gyűrű) keresztül kapcsolódik (kivételt képeznek a kalkonok, de ezeket nem minden szerző sorolja a flavonoidok közé). Ez az alapszerkezet rendkívüli változatosságot biztosít mind a szubsztituensek, mind a C gyűrű szerkezetének tekintetében. Jelenleg mintegy 4000-8000 féle különböző szerkezetű flavonoidot ismerünk (Rak, 2010, Catherine et al. 1997). A polifenolok főbb típusait az 1. ábra mutatja be:



1. ábra: Az élelmiszerekben leggyakrabban előforduló polifenolok fő típusai: A benzoesav származékok (A), stilbének (B), fahéjsavak (C), flavonok (D), flavonolok (E), flavanonok (F), flavan-3-olok, procianidinek és tanninok (G), antocianinok (H), izoflavonok (I). (Forrás: Rak, 2010)

A flavonoid összefoglaló név az 1,3-difenilpropán-származékokat jelöli, az 1,2-difenilpropán-vegyületek az izoflavonoidok, az 1,1-difenilpropán-származékok pedig a neoflavonoidok. A polifenolok egy alapvázat (aglikont) tartalmaznak, amelyhez valamilyen más molekula kapcsolódik. A kapcsolódó molekulák az esetek legnagyobb részében különböző cukrok, de lehetnek karbonsavak, acilezett cukrok, metil csoportok, szulfátcsoportok esetleg ezek kombinációi (Beecher, 1999; de Rijke et al., 2006). Ilyen származékok elsősorban a flavonoidokra jellemzőek, de fenolos savaknál is előfordulnak. Ha a kapcsolódó molekula metilcsoport vagy cukor, az nagymértékben megváltoztathatja az alapmolekula tulajdonságait, mint például a molekula hidrofíliumát, biológiai tulajdonságait és jelentősen növeli a molekulatömeget (Aherne és O'Brien, 2002).

Az élelmiszer eredetű flavonoidok felszívódását és metabolizmusát alapvetően kémiai szerkezetük határozza meg, így többek között a glikoziláció/aciláció mértéke, egyéb polifenol vegyületekkel kialakított konjugációja, a molekula mérete, a polimerizáció foka és az oldhatóság is befolyásolja (Aherne és O'Brien, 2002).

2.5. Élelmiszereink polifenol tartalma

A növényi élelmiszerek flavonoid tartalma a néhány tized mg/kg nagyságrendtől egészen a néhány g/kg-ig terjedhet. A legtöbb ital, amely természetes növényi alapanyagból készül (zöldség- és gyümölcslevek, gyógyteák, bor, sör, stb.) kisebb-nagyobb mennyiségben tartalmaz polifenolos vegyületeket. A flavonok valamennyi gyümölcsfélében megtalálhatók. A zöldségfélékben általánosan elterjedtek a flavonolok. Leveles zöldségek nem csak flavonolokat, hanem antocián

vegyületeket is tartalmaznak. A hüvelyesekben a legjelentősebb vegyületek az izoflavonoidok, de esetenként flavonok, flavonolok és antociánok is kimutathatók. Fűszer- és gyógynövényekben leggyakrabban flavonok és flavonolok találhatók (Lugasi, 2000).

Zöldség-, és gyümölcsfélék feldolgozása során hámozással, a levelek eltávolításával és a hőkezeléssel a flavonoid-tartalom jelentősen csökkenhet. Az átlagos veszteség 50% körül van, de ez az érték függ a vegyület szerkezetétől és a feldolgozás jellegétől. (Lugasi, 2000; Aherne és O'Brien, 2002).

A flavonoidok fontos másodlagos metabolitok, melyek a gyógynövényekben és növényi élelmiszerekben nagy mennyiségben megtalálhatóak. Előfordulásuk jellemző a gyümölcsökben, zöldségekben, kakaóban. Gyümölcsök esetén főként a héjban, magban vagy pl. a szőlő kocsányában találhatók meg. Nagyobb mennyiségben találhatók flavonoidok gyümölcsökben (*áfonya, barack, cseresznye, fekete ribizli, kék szőlő, szamóca*), zöldségfélékben (*cékla, padlizsán, csicseriborsó, édesgyökér, farkasbab, kukorica, lóbab, retek, szója, vörös bab, vörös káposzta, zöldbab, zöldborsó*), fűszer- illetve gyógynövényekben (*bazsalikom, csipkebogyó, hársfavirág, kakukkfő, kamilla, kömény, máriatövis, rebarbara, rozmaring, zsálya, zsurlófő, orbáncfő*), takarmánynövényekben (*árpa, komló, lucerna, napraforgó*) illetve egyéb növényfélékben, élelmiszerekben (*berkenye, bodza, cirok, csonthéjasok, étcsokoládé, földimogyoró, galagonya, kakaó, lóheremagban, menta, páfrányfenyő, pollen, propolisz, sörben, szurokfű, virágméz, vörösbor, zöld és fekete tea*). A növényekben a flavonoidok közül legnagyobb mennyiségben a quercetin, kempferol, miricetin, luteolin, és apigenin található meg (Lugasi, 2003).

2.5.1 A flavonoidok biokémiai tulajdonságai

A flavonoidok igen széles körű kémiai és biológiai aktivitással rendelkeznek. A legtöbb flavonoid és polifenolos vegyület a kedvező tulajdonságait az A- és C-vitaminnal, valamint a tokoferollal együttesen fejtik ki, azok hatását erősítik. Egyes vizsgálatok szerint a cink és a szelén jelenléte is kedvezően befolyásolja a szervezetben a polifenolos vegyületek hatását (Lugasi 2000).

A flavonoidok antioxidáns, antikarcinogén és gyulladáscsökkentő, összességében egészségvédő és betegségmegelőző tulajdonságú vegyületek (Lugasi 2000), legszélesebb körben az antioxidáns aktivitásukról ismertek. A fenolos antioxidánsok szabadgyök-terminátorként funkcionálhatnak. A flavonoidok antioxidáns tulajdonságainak mértéke alapvetően az adott molekula szerkezetétől függ. A fenol önmagában nem antioxidáns, de az orto- és a paradifenolok már antioxidánsként viselkednek (Lugasi, 2000). Az antimikrobás hatást főként baktériumokra és gombákra fejtik ki, kis részben vírusokra (Rak, 2010). Számos közlemény számolt be a flavonoidok antimutagén hatásával kapcsolatosan végzett vizsgálatokról (Lugasi, 2000).

A polifenolos vegyületek nem jelentenek tápértéket az emberi szervezet számára. A jelenlegi ismeretek szerint hatásuk főleg preventív. A jellemző, egészségre kedvező hatásaik: koleszterinszint növekedés kezelése, vérlipidszint csökkentő, antibakteriális, antivirális, antifungális, csontritkulást gátló, immunmoduláns, antiallergén, asztmaellenes, karcinogenezist befolyásoló, gyulladáscsökkentő, mutagenezist befolyásoló, májvédő, anti-HIV, véredényrendszer működését, állapotát befolyásoló hatás. Továbbá bélrendszeri- és gyomorrák kockázatának csökkentése, szabadgyök-befogás, elhízottság és magas vérnyomás kezelése, enzimek aktivitásának módosítása, gátlása, ösztrogénaktivitás (izoflavonoidok), stroke kockázatának csökkentése, kardiovaszkuláris betegségek kezelése, valamint vaszkuláris permeabilitás módosítása (Lugasi, 2003; Kenéz, 2007).

Az élelmiszerként szolgáló növényi anyagokban természetes színezőanyagok, pigmentek, ízkomponensek, aromák, antioxidánsok (Fereidoon és Shahidi 2004; Beecher, 1999; Harnly et al., 2007.)

2.6. Antimikróbás tulajdonság

A flavonoidok akadályozzák a gombák spórájának kicsírázását, így alkalmazhatók gombaölő szerként is (Harbon és Williams, 2000). Erre bizonyíték Wachter és csoportjának eredménye, miszerint egy az *Eysenhardtia texana*-ból izolált új flavonoid hatásosan gátolta a *Candida albicans* növekedését (Wachter et al., 1999).

Napjaink kiemelt fontosságú területe a flavonoidok antivirális aktivitásának felderítése. A flavonoidok inhibítorként viselkednek sok más vírussal szemben is, ilyenek például a quercetin, morin, rutin, dihidroquercetin, dihidrofisetin, leucocianidin, pelargonidin-klorid és katechin a herpesz simplex vírussal (HSV), a polivírussal, a respiratory syncytial vírussal és a Sindbis vírussal szemben (Lin et al., 1997).

Egyre több dokumentáció lát napvilágot a flavonoidok antibakteriális aktivitásáról is, sok kutatócsoport vizsgálja a természetgyógyászatban használt gyógynövényekből készült extraktumok hatását. A publikált irodalomból származó információk azt mutatják, hogy a különböző flavonoid vegyületek a baktérium sejt különböző funkcióiban játszanak szerepet.

Mori és kollégái radioaktív prekurzorokkal végeztek kísérleteket, melyek szerint a flavonoidok erősen gátolták a DNS szintézist a *Proteus vulgaris*-ban, sőt az RNS szintézisre még erősebb hatással volt a *Staphylococcus aureus*-ban. Ezt az aktivitást a roinetin, miricetin és (-)-epigallokatechin mutatta. A szerzők szerint a flavonoidok B gyűrűje játszhat szerepet a DNS/RNS állományba történő beépülésében, vagy hidrogénkötésekkel kapcsolódnak a nukleinsav bázisokhoz, így gátolva a DNS illetve az RNS szintézisét (Mori et al., 1987).

Ohemeng és csoportja 14 eltérő szerkezetű flavonoidnál vizsgálta az inhibíciót *Eserichia coli* DNS-giráz, és az antibakteriális aktivitást a *Staphylococcus epidermitis*, *Staphylococcus aureus*, *Eserichia coli*, *Staphylococcus typhimurium* és *Stenotrophomonas maltophilia* esetében. Azt találták, hogy a DNS-girázt a használt hét vegyület (pl.: quercetin, apigenin, stb.) esetén különböző mértékben volt gátolva. A szerzők szerint a vizsgált hét flavonoid vegyületeknél a megfigyelt antimikrobiális hatás részben a DNS-giráz inhibíciójából származott. (Ohemeng et al., 1993).

A quercetin az *Eserichia coli* DNS-girázának GyrB alegységéhez köt és gátolja az enzim ATP-áz aktivitását. Ez a kutatás is egyezik Ohemeng korábbi eredményeivel, miszerint a quercetin DNS-giráz inhibíciója legalább részben közrejátszik az *Eserichia coli* ellen mutatott antibakteriális hatás kifejtésében (Plaper et al., 2003).

A flavonoid vegyületek egy másik hatásmechanizmusa a citoplazma-membrán fluiditásának változtatása. Ezzel kapcsolatban folytattak kutatásokat Ikigai és kollégái az (-)-epigallokatechin gallate-ről. A katechinek a flavonoid vegyületek egy olyan csoportját alkotják, amelyek nagyobb aktivitást mutatnak a Gram+, mint a Gram- baktériumtörzsek ellen (Ikigai, 1993). Haraguchi és kollégái olyan kutatást folytattak, amiben két retrokalkon (licokalkon A és C) energia-metabolizmusra kifejtett hatását vizsgálják. Ezeknek a flavonoidoknak inhibíciós aktivitása van a *Staphylococcus aureus*-sal és a *Micrococcus luteus*-sal szemben, de az *Eserichia coli*-val szemben nem. Azt feltételezték, hogy ezek a vegyületek interferálnak az energia-anyagcserével hasonló módon, mint a sejtlégzést gátló antibiotikumok, mivel a különböző anyagcsere folyamatokhoz és a makromolekulák bioszintéziséhez energia szükséges. A licokalkonok erősen gátolják a sejtek oxigénfelvevő képességét a *Micrococcus luteus* és a *Staphylococcus aureus* törzsekben, de az *Eserichia coli*-ban nem, ami egybevág a megfigyelt baktericid hatásspektrummal (Haraguchi et al., 1998).

Ezeknek az antimikrobás és antimutagén hatással rendelkező vegyületeknek az élővilágban leggyakoribb forrásaik lehetnek a zöldségek és gyümölcsök. A bogyós gyümölcsökkel kapcsolatos antimikrobás vizsgálatok elsősorban a gyümölcsök magjával illetve a magból nyerhető olajjal kapcsolatban folytak. Többek között két fajta fekete ribizli, áfonya, vörös áfonya, csipkebogyó, eper és bodza hatóanyagait vizsgálták. Az eredmények magas antioxidáns hatást és polifenol tartalmat mutattak ki. (Helbig et al., 2008).

2.7. Néhány jellemző mikroorganizmus bemutatása

Indikátor mikroorganizmusok:

1. Fekáliás szennyezettséget jelző:

- *Escherichia coli*

2. Higiéniai szennyezettséget jelző:

- Koliformok

- Enterobaktériumok

- Enterokokkuszok

3. Általános szennyezettséget jelző:

- Mezofil aerob mikrobaszám

- Aerob spórás baktériumok

- Élesztő- és penészgombák

- *Enterobacter cloacae*:

Az Enterobacteriaceae családba tartozó, Gram-negatív, rövid pálcá alakú, körkörös csillós mikroorganizmus. Emberi és állati béltraktusban, növények felületén vagy a talajban fordulhatnak elő. Jelenlétük rossz higiéniai állapotra, utószennyezésre utalhat.

- *Escherichia coli*:

Enterobacteriaceae család tagja. Gram-negatív, kataláz +, oxidáz-, fakultatív anaerob rövid pálcá alakú körkörös csillós baktérium, melyre laktózbontás jellemző. A külvilágban csak rövid ideig életképes, ezért friss fekáliás kontamináció jelzőjének tekinthető. *Escherichia coli* O157:H7: Enterohaemorrhagiás *E. coli*. Tünetei: véres hasmenés, HUS (hemolízises urémiás szindróma). Fertőző dózis: 1-100 sejt. A mikroba jellemzői: szaporodási hőmérséklete 7 °C–44-45 °C, min. $a_w=0,94-0,96$ (7% NaCl), pH-sáv 4–9, hőtűrése 60 °C-on D=45 sec., a fagyasztást jól tűri.

- *Enterococcus faecalis*: (Fekál szterptokokkuszok)

Az Enterococcus nemzetség tagja. Gram-pozitív, rövid láncokban fejlődő, a láncok irányában kicsit megnyúlt, aerotoleráns anaerob, kataláz - kokkuszok. Bélcsatornában, növények felületén, talajban valamint feldolgozó vonalakon fordulhatnak elő. Nagyszámú jelenlétük (10^6 sejt) ételmérgezést okozhat. Megfelelnek a Sherman-féle kritériumoknak: képesek fejlődni +10 és +45 °C között, túlélnek a 60 °C-on végzett 30 perces hőkezelést, 6,5 % konyhasót tartalmazó tápoldatban, illetve pH 9,6 mellett, továbbá 0,1 % metilénkéket tartalmazó tejben, valamint 40 % epét tartalmazó véres agaron jól fejlődnek.

- *Listeria monocytogenes*:

Gram-pozitív, fakultatív anaerob, rövid, spórátlan pálcá, mozgó („bukfencező”) mozgással. A *Listeria monocytogenes* humán patogén, 13 patogén szerotípusa létezik. (leggyakoribbak: 4b, 1/2a, 1/2b) Jellemző, hogy véres agaron hemolizál. pH optimuma 6-8, hőmérsékleti optimuma: 30 °C, de 0,5 °C-on még életképes. Hő- és sugártűrése átlagos, a_w

optimuma 0,97 feletti, sótürése nagy, pH 6 és 16% NaCl mellett évekig életképes marad. Ebből következik, hogy élelmiszerekben könnyen életben marad. A *L. monocytogenes* rossz versengő, de hűtött körülmények között, ahol a romlást okozók gátoltak, el tud szaporodni. Az élelmiszerek hűtőtárolása elterjedtebb, mint korábban, valamint a fogyasztók a kevésbé feldolgozott, „természetes” élelmiszereket keresik, így a listeriózis egyre terjed. Gyakran előfordul nyers zöldségféléken, húson, baromfin, szalámin, sonkában, pástétomokban, halakban, nyers tejben, valamint lágy sajtokban (Camembert, Brie). Ubiquiter, opportunistá patogén, környezeti kontamináns. Megbetegedést csak az arra érzékeny egyéneknél okoz. A legtöbb esetben szinte zéro-tolerancia érvényes rá.

- *Saccharomyces* ssp.:

(*Saccharomyces pastorianus* NCAIM 805, *Saccharomyces cerevisiae* W66)

Emil Christian Hansen, dán fiziológus az ale sörélesztőt nevezte *Saccharomyces cerevisiae*-nek, míg a lager sörélesztő eltérő tulajdonságait azzal hangsúlyozta, hogy külön fajba helyezte el, amit *Saccharomyces carlsbergensis*-nek nevezett. Kreger-van Rij a sörélesztő fajokat 1984-ben egy fajba sorolta (*Saccharomyces cerevisiae*). A taxonómiai besorolás újabb változása révén a lager sörélesztőket 1990 óta a *Saccharomyces pastorianus* (szinonim *S. carlsbergensis*) fajba sorolják. Rendszertanilag a *S. cerevisiae* faj a *Saccharomyces* nemzetségbe, a *Saccharomycetaceae* családba, az *Endomycetales* rendbe, az *Ascomycetes* osztályba tartozik.

- *Aspergillus niger*

Általában egy nem patogénnek tekintett fonalas gomba, ami széles körben elterjed a természetben. Az iparban széles körben alkalmazzák enzimek termeltetésre (glükóamiláz, pektinázok, stb.). A betegségek kockázata nélkül az emberek minden nap találkoznak a spóráikkal. Kisebb valószínűséggel okoz emberi megbetegedést, mint a többi *Aspergillus* fajhoz tartozó gomba, viszont nagymennyiségű spóra belélegzésekor aspergillózis nevű tüdőbetegség alakulhat ki. Zöldségeken és gyümölcsökön, illetve néhány élelmiszeren feketepenyészek nevezett romlást okoz.

- *Lactobacillus curvatus* 2768:

A legismertebb probiotikus törzsek a *Lactobacillus* nemzetségbe tartoznak. A tejsavbaktériumokat kiterjedten használják fermentált termékek előállításához és tartósításához. Az általuk termelt savas és/vagy egyéb antibakteriális hatású komponenseknek

tulajdonítható mikrobiális növekedést befolyásoló szerepük ismert. A *Lactobacillus curvatus* széles spektrumú antibakteriális törzs. Emésztőrendszerben is megtalálható baktérium.

2.8. Gyümölcstörkölyök antimikróbás hatása

A különböző növényi nyersanyagok feldolgozása során keletkező melléktermékek hasznosításával kapcsolatosan számos tanulmány készült. A citrusfélék (grapefruit, narancs, citrom stb.) melléktermékéből, illetve magjából készített antimikróbás hatású kivonat, Fitostore néven, Magyarországon kereskedelmi forgalomban kapható. Ez a termék a következő mikrobák ellen bizonyult hatékonynak az agardiffúziós vizsgálatok során (KPKI, 2004), zöldségzárítványok (Juhász, 2007), illetve gyümölcslevek és lekvárok (Szűcs, 2007.) esetén: *Aspergillus oryzae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus stearophilus*, *Candida albicans* anatum, *Enterobacter* törzsek, *Salmonella* törzsek, *Enterococcusok*, *Shigella dysenteriae*, *Eschericia coli*, *Legionella pneumophila*, *Penicillium furnicolosum*.

A Magyarországon termő gyümölcsök közül a szőlő-, (Vilinovszky, 2011) feketeribizli- (Lévai, 2008), alma- (Tóth, 2011) és homoktövis törköly (Virga, 2009) antimikróbás hatását vizsgálták részletesen. Valamennyi vizsgálat azt mutatta, hogy az összes polifenol tartalom, illetve az antioxidáns kapacitás pozitív korrelációt mutat az antimikróbás hatással. Az extrakciós körülmények (extrakciós idő, extraháló szer, oldószer arány stb.) szignifikáns hatással vannak az extraktumok összetételére (Borbély, 2011).

Dolgozatomban a kiemelkedően magas összes polifenol tartalommal rendelkező fekete bodzából készült törkölyt, mint lehetséges alapanyagot, vizsgálok antioxidáns és antimikróbás hatású extraktum, mint természetes adalékanyag, előállítása szempontjából.

2.9. A fekete bodza (*Sambucus nigra* L.) bemutatása



2. ábra: *Sambucus nigra* L. (Forrás: <http://www.panoramio.com/photo/12531256>)

A fekete bodza a *Sambucus* nemzetségbe, a Dicotyledonopsida osztályába, a Lamiidae alosztályába, a mácsonyvirágúak rendjébe és a bodzafélék családjába tartozik (Borhidi, 1995). A fekete bodza gyümölcse 5-10 mm átmérőjű, gömbölyű, lilás fekete, vékony héjú csonthéjas bogyótermés, melyen belül kettő-négy csonthéjas mag helyezkedik el. (Keipert, 1981; Sipos, 2010; Barta, 2007).

Hazánkban Szendi Antal 1990-ben telepítette Fejér megyében az első 3,0 ha nagyságú bodzaültetvényt. Jelentősebb mértékű ültetvények létesítése a Bodzatermelők Értékesítő Szövetkezetének megalakulásával indult el. A termelés szintje 1995-ig annyira fokozódott, hogy ebben az évben 20.000 tonna fekete bodza gyümölcsöt exportált hazánk Ausztriába, Németországba, Svájcba, Hollandiába és az USA-ba (Sipos, 2010). Az ültetvények területe 2007-re elérte a 3000 hektárt. Magyarország főbb szövetkezeti termesztő körzetei Fejér, Tolna, Heves, Bács-Kiskun, Pest, Győr-Moson-Sopron, Baranya és Szabolcs-Szatmár-Bereg megye területein található Emellett 100-150 ha nem szövetkezeti bodzaültetvényt is találhatunk hazánkban (Sipos és Csizmadia, 2001).

2.9.1. A bodzabogyó összetétele és biológiailag aktív komponensei

2. táblázat: Fekete bodza tápanyagtáblázata (Forrás: Rodler, 2005; Souci et al., 1996; Lugasi, 2000)

Fekete bodza (<i>Sambucus nigra</i>)					
Ásványi anyagok (mg/100g)	P (foszfor)	57	Biológiailag aktív anyagok (mg/100g)	quercetin	17
	Ca (kálcium)	35		kempferol	-
	Mg (magnézium)	60		myricetin	-
	K (kálium)	305		isorhamnetin	-
	Na (nátrium)	0,5		apigenin	-
	Cr (króm)	0,0041		luteolin	-
Vitaminok (mg/100g)	C-vitamin (aszcorbinsav)	18,0		miricetin	-
	B1 (tiamin)	0,0650		cianidin-3-szambubiozid-3-glükó	jelentős
	B2 (riboflavin)	0,0780		cianidin-3-szambubiozid-5-glükó	jelentős
	B6 (piridoxin)	0,2500		asztragalin	n.a.
	B12 (cianokobalamin)	-		izokvercitrin	n.a.
	A-vitamin (retinol)	0,0600		rutin	n.a.
	Karotin	0,3600		klorogénsav	n.a.
	D-vitamin (kalcirol)	-		pkumársav	n.a.
	Niacin (PP faktor)	1,5000		β-D-glükóz kávéssavas-észtere	n.a.
	Pantoténsav	1,5000		β-D-glükóz ferulasavas-észtere	n.a.
	Folsav	0,0170		szambunigrin ciánglikozid	n.a.
	E-vitamin (tokoferol)	-		össz. Polifenol tartalom	-
	Biotin	0,0018			

- Összetétel:

Több nemzetközi kutatócsoport is vizsgálta a fekete bodza összetételét (2. táblázat). A termésben különböző szerves savak (almasav, ecetsav, stb.), antocianinok (sambucianin), vitaminok (A, C, stb.), cseranyagok, cukrok és nyomelemek illóolajok találhatók. Szénhidrát

tartalma általában alacsony 6,5 g/100 g (Schobinger, 1987), de elérheti a 9,1 g/100 g koncentrációt is. Cukortartalma csaknem kizárólag glükózból és fruktózból áll. Fehérjetartalma igen jelentős, jellemzően 2,5 g/100 g (Stoll-Gremminger, 1986). Karovicova kutatásai szerint a bodza jelentős esszenciális aminosavai a leucin (790 mg/l) és a fenilalanin (1030 mg/l) (Karovicova et al., 1989). Az ásványi anyagok közül kálium tartalma rendkívül magas, 300-500 mg/100 g. A kálium aktív transzportfolyamatokban vesz részt, ideg- és izomműködésekben fontos a jelenléte (Bíró és Lindner, 1999). A foszfortartalom a fekete bodza bogyójában 50 –150 mg/100g (Stoll-Gremminger, 1986), a többi gyümölcs foszfortartalma megközelítőleg 30-50%-a a fekete bodzáénak. Szervezetünkben a foszfor a kalciumhoz kötve a csontok, fogak szilárdságát szolgálja. Bíró és Linder kutatásai alapján elmondható, hogy a fekete bodza magnézium (60 mg/100 g), vas, réz, valamint cink tartalma igen magas (Bíró és Lindner, 1999).

- Biológiailag aktív komponensek:

Vitamintartalom alapján kiemelkedik a gyümölcsök közül a fekete bodza. Jelentős mennyiségben tartalmaz B₁-vitamint (tiamin), B₂-vitamint (riboflavin) és B₆-vitamint (piridoxin). Rendkívül magas a niacintartalma (oxido-redukciós folyamatok koenzimjének alkotórésze), 1,5 mg/100 g értékben jelölik (Stoll-Gremminger, 1986). A gyümölcs β-karotin tartalma, ami az A-vitamin pro-vitaminja is kiemelkedően jelentős, 0,3-0,36 mg/100 g mennyiségű. Ez az érték a hazai fogyasztású gyümölcsök közül a meggyel, szederrel, szőlővel, őszibarackkal megegyező mértékű. A többi gyümölcs β-karotin tartalma ezeknél jóval alacsonyabb (Bíró és Lindner, 1999). A bodza C-vitamin tartalma a hazai gyümölcsökhöz viszonyítva átlagosnak tekinthető. Szerves savtartalom tekintetében a citromsav az uralkodó, összes savtartalmát 0,9-1,0 g/100 g értékben mérte Stoll-Gremminger 1986-ban. A bodza színanyagait az antocianinok alkotják. Fő antocianin komponense a cianidin-3-szambubiozid-3-glükózid (Porpáczy, 1987). A bodzabogyó tartalmaz továbbá flavonoidokat (quercetin, kempferol, asztragalin, izokvercitrin, rutin), fahéjsav-származékokat (klorogénsav, kumársav, a β-D-glükóz kávéssav-, illetve ferulasav-észtere, szambunigrin ciánglikozidot), 0,03-0,14 % illóolajat, melynek 66%-a szabad zsírsav (palmitinsav, linol-, linolén-, olaj- és palmitoleinsav), 7,2%-át C14-C31 n-alkánok adják. Ezen kívül a bodzabogyóban még találhatunk aminokat (etilamint, izobutilamint, izoamilamint, triterpéneket, α- és β-amirint, cikloartenolt, 24-metilcikloartenolt, lupeolt, 20-

hidroxiurzolsavat, urzol- és oleánolsavat), szterineket (β -szitoszterolt, sztigmaszterolt, kampszterolt, koleszterolt) (Stoll-Gremminger, 1986).

Német kutatók több bogyós növény magjának összetételét is vizsgálták (úgy, mint fekete ribiszke, csipkebogyó, málna stb.), köztük a bodzáét is, a vizsgálati eredmények magas C-vitamin és polifenol tartalmat, valamint magas antioxidáns hatást mutattak (Stoll-Gremminger, 1986).

2.9.2. A bodza feldolgozása és helye a népgyógyászatban

A bodzát, mint friss gyümölcsöt évszázadokon át nem fogyasztották, csak gyógynövényként használták fel. Nagyon könnyen sérül a héja, gyümölcshúsa szinte nincs is, csak leve és sok apró magja van. A sérülések hatására a gyümölcs élvezhetetlenné válik. Feldolgozott állapotában viszont (kivonatként, gyümölcs velőként és sűrítményként) kiválóan alkalmas élelmiszeripari termékek előállítására és adalékanyagként (természetes színezékként) való hasznosítására (Sipos és Csizmadia, 2001).

A fekete bodza feldolgozása:

- ☞ A fekete bodza magjából olajat készítenek (Sipos, 2010).
- ☞ Gyökeréből és kérgéből főzetet készítenek. Gyökere iridoidokat, nyomokban illóolajat, neolignánt és metoxiarbutin-glikozidokat tartalmaz (Varró, 1991).
- ☞ Leveléből teát főznek (Bernáth, 1993) vagy kenőcsök készítenek (Grieve, 1982).
- ☞ Virágzatának használata terjedt el leginkább a népgyógyászatban. A bodzavirágból gyógyteák, szárítmányok készülhetnek (Varró, 1991). A virág kivonatából előállítanak továbbá szörpöket, bort, italokat és lekvárokat. Virágja sütvé is fogyasztható, pl.: a hagyományos angol ketchup egyik fő alkotórésze.
- ☞ A bodza gyümölcs nedvét is hasznosítják. Kiváló fájdalomcsillapító, nyugtató hatású. Terméséből lekvárokat és szörpöket is készítenek, amelyek nemcsak magas élvezeti értékűek, hanem fogyasztásuk a meghűléses időszakokban erősíti szervezet védekező rendszerét (Varró, 1991).
- ☞ A bodzabogyó széleskörű felhasználását az összetételén kívül természetes színezéktartalma indokolja. Az egyik legfőbb felhasználási területe a gyümölcstermékek gyártása. Ennek folyamán kétféle félkész terméket állítanak elő: sűrítményt és rostos gyümölcsvelőt, amelyekből a további feldolgozás során italokat, leveket, szörpöket, zseléket, lekvárokat gyártanak. A másik fő felhasználási terület a természetes színezékek kivonása és

színezékgyártás, melynek során a termésből kivont antocianin színezék (E163) készíthető, amit levek, szörpök és lekvárok színezésére használnak koncentrátum, sűrítmény vagy por formájában. A bogyó közvetlenül is felhasználható cukros vagy mézes felöntőlében készülő befőttféléket, bőlékat gyártanak belőle. A fekete bodza gyümölcse szolgálhat táplálék- és étrendkiegészítők összetevőjeként, antioxidáns hatásának köszönhetően (Stégerné, 2010). Bogyójából készült teát izzasztó-, vizelethajtó szerként alkalmazzák (Földesi, 1993).

3. CÉLKITŰZÉS

Dolgozatomban azt vizsgálom, hogy a bodzatörköly hasznosítható-e színezőanyagok, biológiailag aktív komponensek, illetve antioxidánsok kinyerésére, valamint antimikrobás hatású kivonat készítésére, azaz a magas összes polifenol tartalommal rendelkező fekete bodzából készült törkölyt, mint lehetséges alapanyagot alkalmazhatom-e antimikrobás hatású extraktum, így egy természetes adalékanyag előállítására.

Célul tűztem ki,

- a bodzatörköly előállítását és előkészítését az extrakcióra az ipari módszernek megfelelően,
- az extrakció elvégzését, négy különböző extraháló szerrel (víz, EtOH 50 %, EtOH 70 %, EtOH 90 %), valamint három különféle oldószerarányt használva (1:10, 1:20, 1:30), tehát az extraktumok előállítását,
- az elkészített extraktumok extrakt tartalmának meghatározását,
- szín-, pH-, színezőerő mérését,
- az extraktumok összes antocianin és összes polifenol tartalmának mérését, valamint antioxidáns kapacitásának (FRAP) meghatározását,
- a mérések alapján kiválasztott három legjobb minta extrakciós hatásfokvizsgálatát a FRAP értékre,
- valamint a kiválasztott három minta antimikrobás hatásának vizsgálatát.

Összességében azt vizsgáltam, hogy a bodzatörköly biológiailag aktív anyagait milyen extrakciós módszerrel lehet a leghatékonyabban kinyerni és így magas antioxidáns tartalmú extraktumot előállítani.

4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

4.1. Méréshez használt anyagok

- Haschberg bodzatörköly, (Rádi)
- Fructozym P.
- desztillált víz
- Etanol 50%-os
- Etanol 70%-os
- Etanol 90%-os
- az egyes módszerekhez használt vegyületek
- TSB
- YEPD
- PDA
- MRS

4.2. Mérés menete

A kiindulási mintám szemes bodza volt, melyet a BOTÉSZ bocsátott rendelkezésemre. Kezdetben a bodzabogyót az ipari gyakorlatnak megfelelően lepréseltem, mely során megkaptam a bodzatörkölyt. Ezzel dolgoztam tovább, kiszárítottam, összedaráltam, majd extrakciós kísérleteket végeztem, hogy megállapítsam, melyek a legmegfelelőbb paraméterek a bodzatörköly antioxidáns anyagainak kinyerésére.

- Bodzatörköly előállítása:

A vizsgálataim során Rádról származó Haschberg bodzatörkölyvel dolgoztam, amelyet a Konzervtechnológiai Tanszék laboratóriumában készítettem el. A beérkezett, előzetesen hűtve tárolt bodzát 80 °C-ra melegítettem, majd vízfürdő segítségével visszahűtöttem 40-45 °C-ra, amely hőmérsékleten hozzá tudtam adni a 125 µl Fructozym P. pektinbontó enzimet. 45 percig hagytam az enzimet hatni, majd laboratóriumi prés segítségével préseltem a bodzát.

- Bodzatörköly szárítása, darálása:

A préselésből visszamaradt, még nedves bodzatörkölyt szárítószekrénybe helyezve szárítottam (LMIM LP232/1), míg a nedvességtartalma 5% alá nem csökkent, melyet gyors nedvességmérővel (RADWAG MAC-50) ellenőriztem. A szárítást 100 °C alatt, 80 °C-on végeztem, hogy a törköly ne veszítsen értékes komponenseiből, illetve lehetőleg minél kevesebb legyen a veszteség. A szárítás 3-4 óráig tartott.

A szárítás után exszikkátorban lehűtöttem a mintákat, majd háztartási botmixer segítségével felaprítottam a még egész szemekből álló, kiszárított bodzatörkölyt. A darálást addig végeztem, míg 1 mm-es szitán átszítálva át nem hullottak a szemek, ugyanis kisebb

szemcseméret esetén az extrakció során jobban ki tudnak oldódni a biológiailag aktív komponensek. A szitálást nehezítette a bodza magjából kifolyó magolaj, ezért a kisebb teljesítményű daráló segítségével először a kiszáradt héjat daráltam össze, majd leszítálva, a maradékot nagyobb teljesítményű darálóval aprítottam össze.

- Szárított bodzatörköly extrakciója:

A ledarált mintából 2 g-ot bemérve elvégeztem az extrakciókat, extraháló oldószerként víz és etanol különböző arányú keverékeit használtam. Az oldószer arány a bemért bodzatörköly tömegére vonatkoztatva 1:10, 1:20 és 1:30 volt, melyet a 3. ábra szemléltet. Ez alapján az 1:10 oldószerarány esetén a bemért 2 g törkölyhöz 20 ml, az 1:20 oldószerarány esetén 40 ml, végül az 1:30 oldószerarány esetén 60 ml oldószeret mértem. Minden extrakciót három ismétléssel végeztem el.

3. táblázat: Az egyes minták az oldószer arány függvényében

oldószer	oldószer arány	oldószer	oldószer arány	oldószer	oldószer arány	oldószer	oldószer arány
víz	1:10 1:20 1:30	EtOH 50%	1:10 1:20 1:30	EtOH 70%	1:10 1:20 1:30	EtOH 90%	1:10 1:20 1:30

Az extrakciót 30 °C-os rázóvízfürdőben (FOSS Tecator Fibertec System E) végeztem 1 órán keresztül, majd a mintákat 3000 1/s-os fordulatszámon 5 percen keresztül centrifugáltam (Sigma 2 104). A keletkezett felülúszóval dolgoztam tovább, hiszen ebben a frakcióban vannak oldva a számunkra értékes, biológiailag aktív komponensek. A felülúszót redős szűrőpapíron szűrtem át. Az így kapott szűrletet a mérések előtt 4 °C-os hűtőszekrénybe tettem, hosszabb tárolás esetén -18 °C-os fagyasztó szekrénybe.

A továbbiakban spektrofotométer (Hitachi U-2900) segítségével meghatároztam a minták antocianin és összes polifenol tartalmát, valamint az egyes minták antioxidáns kapacitását. Emellett mértem a különböző minták pH értékét, szín értékeket, valamint, hogy szárazanyagra tudjam vonatkoztatni a kapott eredményeket, meghatároztam az egyes minták extrakt tartalmát is. Minden minta esetén három párhuzamos mérést készítettem.

4.3. Mérési módszerek

4.3.1. Extrakt tartalom meghatározása

Az extrakt tartalmat szárítószekrény segítségével határoztam meg, oly módon, hogy 2 ml mintát mértem főzőpohárba, melyet szárítószekrénybe helyezve 110 °C-on

tömegállandóságig szárítottam (kb. 3 óra). Ezután exsikkátorban hagytam szobahőmérsékletűre lehűlni (kb. 15 perc). A kezdeti bemért tömeg és a végtömeg különbsége adja a minta extrakt tartalmát. A vizsgálat során két párhuzamossal számoltam, az eredményeket mg/ml mértékegységben adom meg.

4.3.2. Színező erő vizsgálat

Az egyes extraktumok színező erejét azonos, 0,7%-os szárazanyag tartalomra beállított és ellenőrzött pH-jú minták esetén vizsgáltam. A színt digitális színmérővel (Konica Minolta CR-400) határoztam meg C.I.E. Lab rendszerben. Minden mérés során mindegyik minta esetén három párhuzamos mérést készítettem.

4.3.3. Biológiailag aktív komponensek meghatározása spektroszkópiás módszerekkel

- Teljes antocianin tartalom meghatározása

A teljes antocianin tartalmat Füleki és Francis (1968) módszere szerint határoztam meg. Méréseim során 4 párhuzamost készítettem, majd a kapott értékeket bemért törkölyre és extrakt tartalomra is kiszámoltam, ahol az eredményeket mg/g mértékegységben adom meg.

- Teljes polifenol tartalom meghatározása

A teljes polifenol tartalmat Singleton és Rossi (1965) módszere szerint határoztam meg. Minden mérés esetén szintén 4 párhuzamost készítettem és a kapott értékeket kiszámoltam bemért törkölyre, valamint extrakt tartalomra is, ahol az eredményeket mg/g mértékegységben adom meg.

- Antioxidáns kapacitás meghatározása (Ferric Reducing Ability of Plasma = FRAP)

Az antioxidáns kapacitást Benzie és Strain (1996) módszere alapján határoztam meg. Kezdetben az extraktumokat tízszeresre hígítottam, hogy a mérés során biztosan a mérési tartományban maradjanak az eredmények. Minden mérés során szintén 4 párhuzamost készítettem. Az eredményeket aszkorbinsav ekvivalensben kifejezve adtam meg („FRAP érték”), amely azt mutatja meg, hogy a vizsgált minta antioxidáns kapacitása hány mg aszkorbinsav antioxidáns kapacitásának felel meg. A kapott értékeket kiszámoltam bemért törkölyre, valamint extrakt tartalomra is, ahol az eredményeket mg/g mértékegységben adom meg.

4.3.6. Statisztikai értékelés

A statisztikai értékelést Statistica 8.0 szoftver segítségével végeztem el. Az extrakciós kísérletek eredményei alapján többtényezős varianciaanalízis módszerével vizsgáltam, hogy az oldószer típusa, illetve az alkalmazott oldószer arány befolyásolja-e az adott mennyiségű törkölyből kinyerhető összes polifenol és összes antocianin tartalmat, illetve az extraktumok FRAP értékét.

Az eredmények azt mutatják meg, hogy 95 %-os konfidencia szinten van-e a vizsgált faktornak hatása a mért értékre. Amennyiben a p érték kisebb, mint 0,05, az adott faktornak van hatása. A dolgozatban az egyes paraméterek esetén az átlagértékeket és a 95%-os konfidencia intervallumokat ábrázoltam, mely diagramok segítségével meghatározhatók a legígéretesebbnek mutató extraktum oldószer arányok.

4.3.7. Extrakciós hatásfok meghatározása

Mivel számos mérés során nélkülözhetetlen a mérések minőségbiztosítása, ezért elvégeztem a bodzatörköly extrakciós hatásfok vizsgálatát. Az eddigi mérések során egyszeres extrakciót használtam. A hatásfok vizsgálatot öt lépésben végeztem el FRAP érték vizsgálatára, mivel a FRAP érték adja meg a bodzatörköly minták antioxidáns kapacitását, amely nagyrészt magában foglalja mind az antocianin, mind pedig a polifenol tartalmat. Első lépésben 2 g mintához hozzámértem a megfelelő mennyiségű oldószer. A második extrakciós lépésben újra bemértem a visszamaradt frakciót, illetve a szűrőpapíron fennmaradt bodzatörköly maradékot, majd kiszámoltam a megfelelő mennyiségű oldószer, az oldószerarányának megfelelően. A harmadik, negyedik és ötödik extrakciós lépést is hasonlóképpen végeztem el, a bemért törkölyre korrigálva az oldószer, az oldószerarányának megfelelően. Mindegyik extrakciós lépésben felfogtam a keletkezett extraktumokat, ezekkel végeztem el a FRAP mérést.

4.3.8. Mikrobiológiai vizsgálat

Kezdetben 60 °C-on beszárítottam a statisztikai eredmények által legjobbnak ítélt 3 extraktumot, oly módon, hogy az összes oldószer elpárologtattam, majd a maradékot visszaoldottam desztillált vízben. Ennek egyik oka az volt, hogy az etanollal extrahált

mintáknak ne az alkohol miatt legyen mikroba gátló hatásuk. Többszöri próbálkozás után végül 40-szeresére töményítettem be a mintákat.

A bodzatörköly antimikrobás hatás vizsgálatát a Sör- és Szeszipari Tanszék laboratóriumában végeztem el. Az vizsgálat során agar diffúziós módszert használtam. A módszer során az elkészített 1%-os agar-agar tartalmú tápközeget (4. táblázat) 42-45 °C-on termosztáltam, majd beoltottam a megfelelő teszt mikroorganizmussal 1%-os mennyiségben és Petri-csészékbe öntöttem. Miután megdermedt a táptalaj, steril lyukfúróval lyukakat készítettem, melybe belemértem a vizsgálandó extraktumot, valamint a kontroll mintákat. A lyuk átmérője 8 mm volt, amelybe 130 µl minta fért. Ezután egy órára hűtőbe helyeztem a mintákat a minél hatékonyabb diffúzió érdekében. Ezt követően a baktérium törzseknél a Petri-csészéket 37°C-on, 24 órán át, az élesztőknél 30 °C-on 24 órán át, míg az *Aspergillus niger* törzsnél 28 °C-on 48-72 órán át inkubáltam. Az inkubáció után vizsgáltam, hogy keletkeztek-e kioltási illetve gátlási zónák, és ha igen mekkora átmérőjűek. A vizsgálatot 2 párhuzamosban végeztem el. A kapott feltisztulási zónák átmérőjéből kivonva a lyukátmérőt, majd ezt elosztva kettővel megkaptam a tényleges mikroba gátlási zónát mm-ben. A vizsgálat során alkalmazott tápleveseket a 4. táblázatban foglaltam össze.

4. táblázat: Az alkalmazott táplevesek

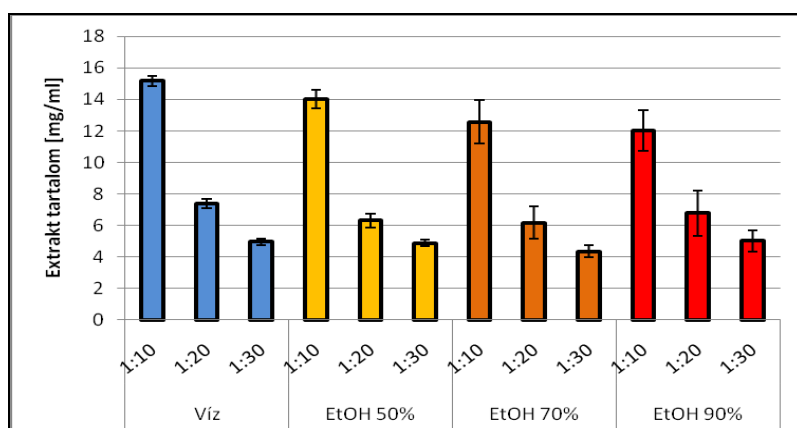
➤ TSB (Tryptic Soya Broth) leves		➤ YEPD (Yeast-Extract-Peptone-Dextrose) tápleves	
<i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Escherichia coli</i> 8739, <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Listeria monocytogenes</i> 4ab, <i>Enterococcus faecalis</i> és törzsekhez		<i>Saccharomyces cerevisiae</i> W66, <i>Saccharomyces pastorianus</i> NCAIM 805 törzsekhez	
TSB „por” (Oxid)	30,0 g	Élesztőkivonat	5,0 g
Desztillált víz	1000,0 ml	Pepton	5,0 g
		Glükóz	10,0 g
		Desztillált víz	1000,0 ml
Sterilizés 121 °C-on 15 percig. Agar készítéskor a TSB levest 10 g agar-aggarral egészítjük ki.		YEPD agarhoz a fent említett összetevőkön kívül 10 g agar-agart is adagolunk. Sterilizés 121°C-on 15 percig.	
➤ MRS (de Man-Rogosa-Sharpe) tápleves		➤ PDA (Potato Dextrose Broth)	
<i>Lactobacillus curvatus</i> 2768 törzshöz		<i>Aspergillus niger</i> F00722 törzshöz	
MRS „por” (BBL)	52,3 g	PDA „por” (Sigma)	24,0 g
Desztillált víz	1000,0 ml	Desztillált víz	1000,0 ml
MRS agarhoz a fent említett összetevőkön kívül 10 g agar-agart adagolunk. Sterilizés 121 °C-on 15 percig.		PDA agarhoz a fent említett összetevőkön kívül 10 g agar-agart is adagolunk.	

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

Munkám során első lépésként a különböző extrakciós módszerekkel előállított extraktumok alaptulajdonságait (extrakt tartalom, szín, pH) vizsgáltam, majd azonos szárazanyagtartalomra hígított mintákból színezőerő vizsgálatot végeztem. Ezt követően vizsgáltam a beltartalmi paraméterek közül az antocianin és összes polifenol tartalmat valamint az extraktumok összes antioxidáns kapacitást. Ezen jellemzők statisztikai értékelése alapján kiválasztottam a három legjobb extraktumot, mellyel mikrobiológiai vizsgálatot végeztem.

5.1. Bodzatörköly extraktumok alaptulajdonságai

5.1.1. Extrakt tartalom



3. ábra: Bődzatörköly extrakt tartalma az oldószer illetve az oldószerarány függvényében

Az extrakt tartalom vizsgálatánál (3. ábra) jól látszik, hogy az 1:10 oldószerarálynál jöttek ki a legnagyobb eredmények minden oldószer esetében. A következő az 1:20 oldószerarány, majd az 1:30 oldószerarány. Tehát megállapítható, hogy az 1:10-es oldószerarányú minták extrakciója során oldódott ki több szárazanyag. Azonos oldószerarány esetén az alkohol arányának növekedésével csökkent az extrakt tartalom: a legnagyobb értéket víz, míg a legkisebb értéket 90%-is etanol esetén mértem.

5.2. Bodzatörköly színezőereje, pH értékei

A C.I.E. Lab 3 dimenziós színrendszerben a vizsgált minták színét az L^* , a^* , b^* tényezőkkel jellemezhetjük. Az L^* , egy adott szín világossági tényezője, amely 0 (fekete) és

100 (fehér) között változhat. Az a* és b* koordináták a zöld-vörös, illetve sárga-kék szín erősségét jellemzik. A pH értékeket digitális pH mérővel határoztam meg.

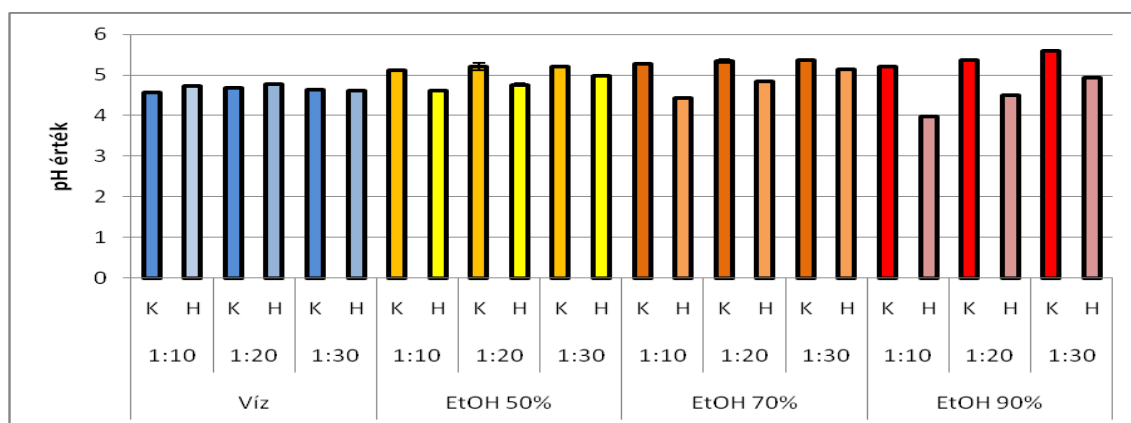
A kezdeti szín, azaz a hígítatlan extraktumok színének és pH értékeinek értékelésével egy gyors minősítő módszer elvégzése válik lehetővé. A hígítatlan extraktumok alaptulajdonságainak mérésekor kapott eredményeket az 5. táblázatban foglalom össze.

5. táblázat: Bodzatörköly kezdeti színezőerő adatai

		Szín mérés átlag			pH	ref%	Szín mérés szórás			pH	ref%
		L*	a*	b*			L*	a*	b*		
Víz	1:10	21,95	0,93	0,96	4,57	2,13	0,36	0,08	0,13	0,01	0,06
	1:20	19,97	1,64	1,15	4,68	1,23	0,17	0,03	0,11	0,01	0,06
	1:30	20,08	2,91	1,28	4,65	0,90	0,22	0,08	0,01	0,01	0,00
EtOH 50%	1:10	19,82	0,36	0,81	5,11	17,37	0,43	0,04	0,28	0,01	0,06
	1:20	19,75	1,30	1,00	5,20	16,60	0,02	0,05	0,03	0,09	0,10
	1:30	19,53	1,63	1,14	5,20	16,70	0,98	0,06	0,06	0,00	0,26
EtOH 70%	1:10	20,37	0,42	0,76	5,27	20,97	1,14	0,04	0,12	0,01	0,06
	1:20	20,15	2,06	0,97	5,34	20,10	0,10	0,06	0,04	0,04	0,00
	1:30	20,60	2,80	1,07	5,37	19,80	0,52	0,09	0,02	0,03	0,00
EtOH 90%	1:10	20,86	1,34	0,79	5,20	21,13	1,15	0,10	0,17	0,00	0,06
	1:20	21,01	2,71	1,21	5,36	20,73	0,52	0,08	0,05	0,00	0,29
	1:30	20,56	5,41	2,33	5,59	21,13	0,37	0,30	0,14	0,03	0,15

A kapott értékeket a 4. - 7. ábrákon mutatom be, ahol is a kezdeti extraktumokat sötétebb színnel jelöltem.

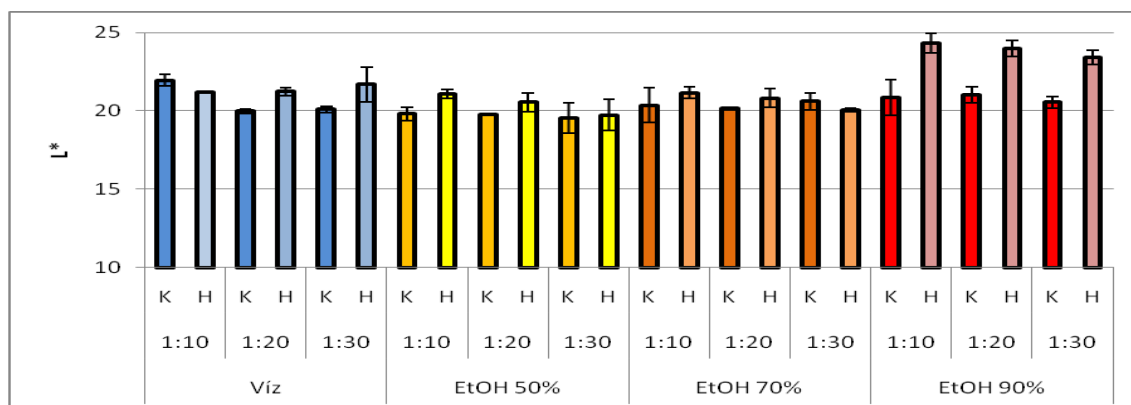
A színezőerő vizsgálat során a kezdeti minták színét, illetve a pH értékeit ismét lemértem. A színezőerő vizsgálatot azonos módon 0,7 ref%-ra hígított mintákkal végeztem el a jobb összehasonlíthatóság kedvéért. Ezeket a 4. - 7. ábrákon világosabb színnel jelöltem.



4. ábra: Kezdeti és hígított extraktum pH értékei az oldószer, illetve oldószerarány függvényében

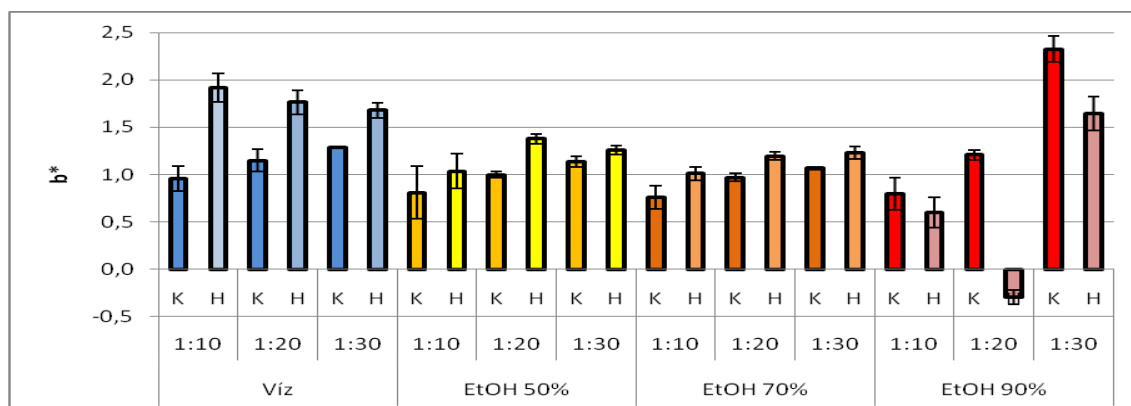
A pH értékek befolyásolják az antocianinok színét. 3,5 közötti pH tartományban az antocianinok piros színűek, e fölötti pH értéknél elszíntelenednek, majd lúgos körülmények között kék színűek lesznek. Így elmondható, hogy a bodza antocianin értékére lehet

következtetni a színből, ugyanis minél több piros színanyag található benne, feltételezhetően annál magasabb az antocianin tartalma. A pH értékeket vizsgálva megállapítható, hogy az értékek 4-6 pH tartományban mozognak, tehát a bodzatörköly extraktumok enyhén savas karakterűek. Ez látható a 4. ábrán. Érdeemes észrevenni, hogy a pH enyhén csökkent a kiindulási mintához képest, így az értékek 4-5 közé esnek. Az egyes minták között nem volt lényegi különbség, tehát a minták szín értékeit objektíven lehet vizsgálni, ugyanis az egyes minták közötti pH nem tér el jelentősen.



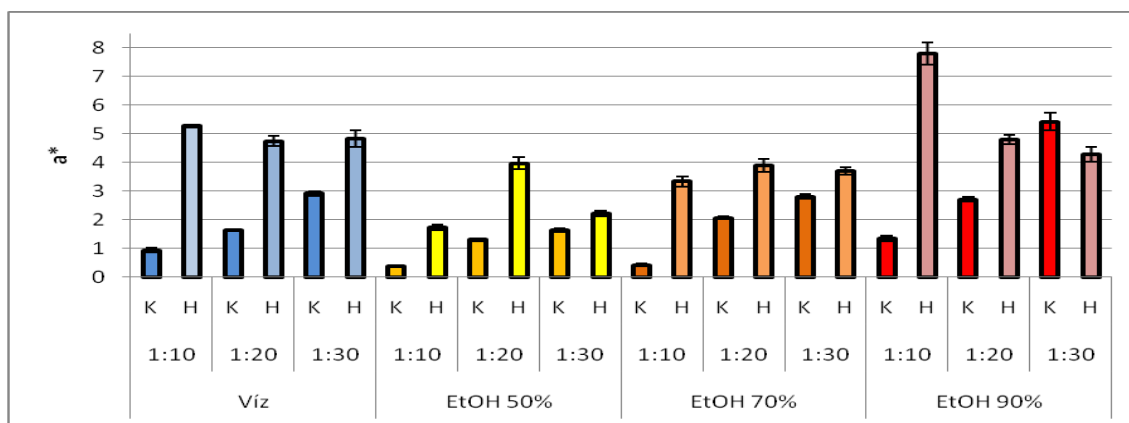
5. ábra: Kezdeti és hígított extraktum L^* értékei az oldószer, illetve oldószerarány függvényében

A világossági tényező vizsgálatánál megállapítható, hogy az egyes minták között nem volt jelentős eltérés. Az L^* értékek 20 körül mozogtak, ahogy az a 5. ábrán is látszik. Az L^* értéke minél kisebb, annál sötétebbek a minták, tehát valószínűleg annál több színanyag fordul elő bennük. A hígítatlan minták L^* értékeihez képest a hígított extraktumok értékei sem változtak jelentősen. Kivételt képeznek ezalól az EtOH 90%-os oldószerrel extrahált minták, amelyek kivilágosodtak a többi mintához képest (EtOH 90%, 1:10: $L^*=24,31$).



6. ábra: Kezdeti és hígított extraktum b^* értékei az oldószer, illetve oldószerarány függvényében

A hígítatlan extraktumok b^* értékei tekintetében megállapítható, hogy minden minta esetében a pozitív tartományban mozogtak az értékek; 0-2,5 között (6. ábra). Tehát egyik minta sem volt a kék tartományban. Jellemző tendencia figyelhető meg az oldószerrek függvényében, ugyanis a legalacsonyabb értékekkel minden esetben az 1:10 oldószerarány rendelkezik, a legmagasabbal pedig az 1:30 (az ábrán a sötétebb színnel jelölt oszlopok). Melynek oka lehet, hogy minél jobban ki vannak hígítva az extraktumok, annál jobban látszódik a színezetük. Ugyanez megállapítható a hígított extraktumok esetén is, az értékek nagyobbak a kezdeti mintákhoz képest, tehát az oldószer itt is befolyásolta a színezetet. A 90%-os EtOH-val extrahált minták esetén a hígított minták értékei csökkentek, az 1:20 oldószerarányú extrakció esetén a negatív tartományba esett. A vizes extrakcióval készült mintáknál az eredmények kissé növekedtek.



7. ábra: Kezdeti és hígított extraktum a^* értékei az oldószer, illetve oldószerarány függvényében

A kezdeti minták a^* értékei a pozitív tartományban mozogtak 0-6 között, tehát a jellemző szín minden minta esetén a vörös. Mivel az antocianinok színe ebben a pH tartományban is vörös, ezért ezekből az eredményekből következtetni lehetne az antocianin tartalomra, viszont a minta kihígíttósága befolyásolja a minták színezetét. Minél hígabb a minta, azaz minél több oldószert tartalmaz, annál jobban lehet látni a minta színezetét. A 7. ábrán látszik, hogy az EtOH 90%-os oldószer esetében lettek legmagasabbak az eredmények, míg a legalacsonyabb értékekkel az EtOH 50%-os oldószeres minta rendelkezik. A hígított extraktumok vörös-zöld tényezőjének vizsgálata során megállapítható, hogy szinte kivétel nélkül emelkedtek az a^* értékek a kezdeti mintához képest. Egyes esetekben jelentősen, ilyenek a vizes és az EtOH 90%-os oldószerrel extrahált minták, a többi esetben a változás

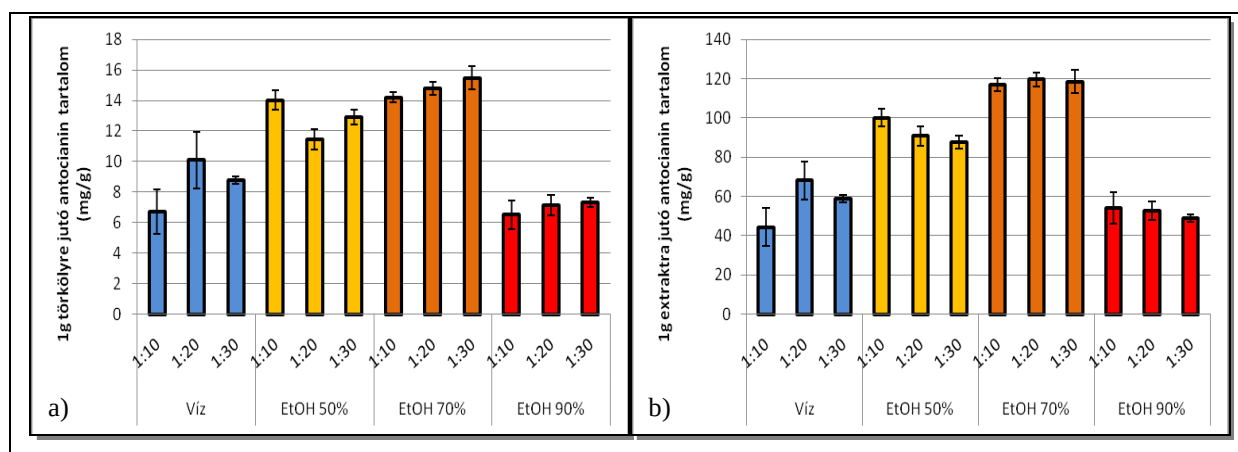
nem ennyire jelentős. Ennek egyik oka a pH változása lehet. Az enyhén savas karakterű kezdeti minták hígítása során semleges pH-jú desztillált vizet használtam.

Korábbi mérések tapasztalataiból megállapítható, hogy a préselt bodzalé a^* értéke 0,29 körüli, míg a b^* értéke 0,5 körüli (Harcos 2010; Ujfalusi, 2011). Az általam mért törkölyből készült extraktum a^* értékei 0,4-6 között mozogtak, b^* értékei pedig 0,5-2,5 között, tehát megállapítható, hogy a bodzaléhoz hasonlítva a bodzatörkölyből előállított extraktum is jelentős mértékű színezőerővel bír. Az eredményeim alapján a színérés alkalmasnak bizonyult arra, hogy az adott extrakciós módszer hatékonyságát gyors vizsgálati módszerrel ellenőrizzük. A kapott eredményekből arra a következtetésre jutottam, hogy a bodzatörkölyből színező élelmiszerként hasznosítható extraktum állítható elő.

5.3. Biológiailag aktív anyagok

5.3.1. Antocianin tartalom

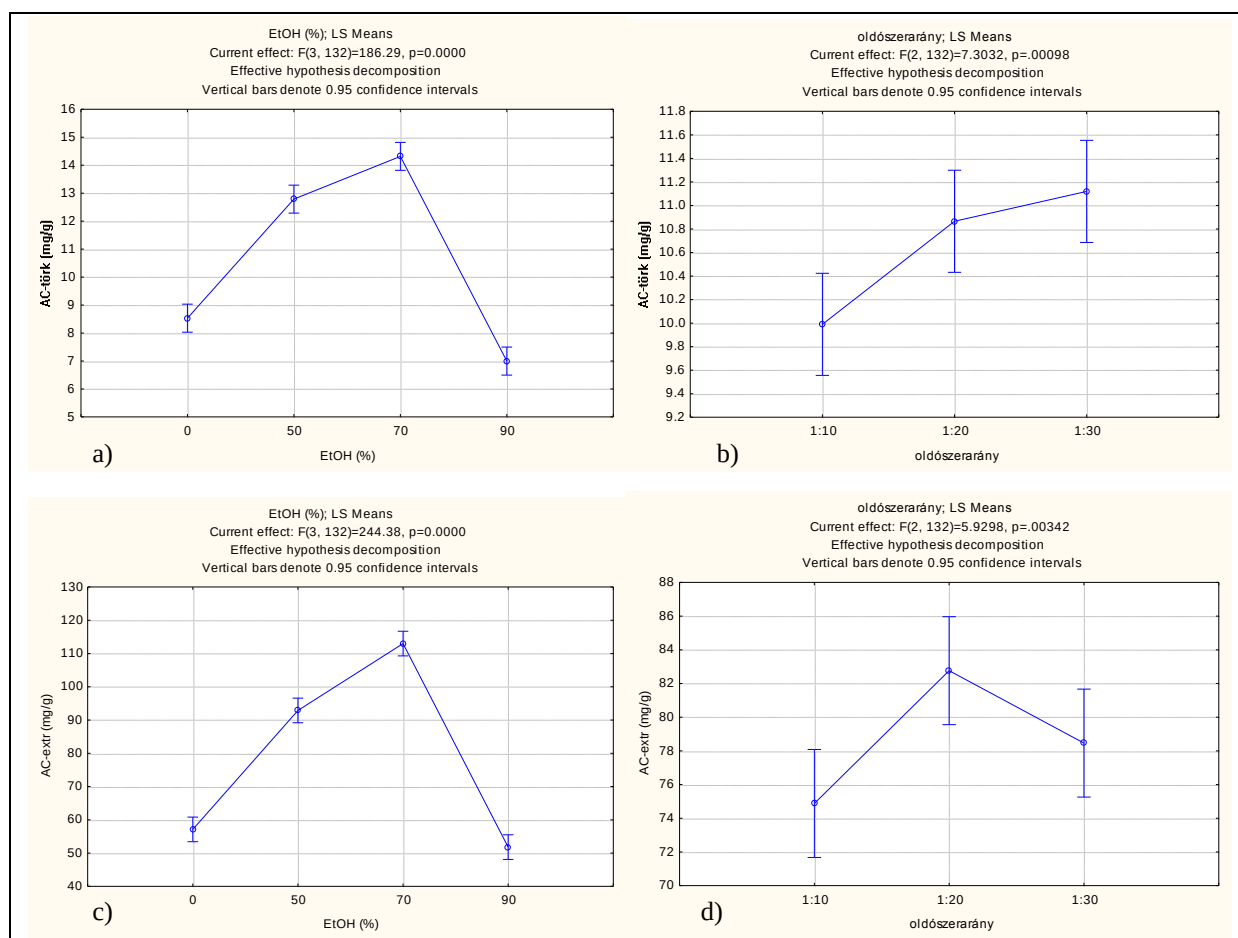
A bodzából készült sűrítmények nagy antocianin tartalmuknak köszönhetően használhatók színező élelmiszerként. A feldolgozás során visszamaradó törköly is gazdag vörös színanyagokban, ezért megvizsgáltam különböző extrakciós módszerekkel, hogy mennyire lehet a maradék antocianin tartalmat a bodza törkölyből kinyerni. A 8. ábrán látható az egyes minták antocianin tartalma, bemért törkölyre és szárazanyag tartalomra vonatkoztatva.



8. ábra: Antocianin tartalom az oldószer illetve oldószerarány függvényében

1 g törkölyre (a), 1 g extraktra (b) vonatkoztatva

Az értékek a bemért törköly esetén 6-16 mg/g tartományban mozogtak. A 8.a) ábrán látható, hogy az EtOH 50%-os valamint EtOH 70%-os oldószeres minták antocianin tartalma magasabb, mint a másik két oldószerrel extrahált mintáké. A legrosszabb eredménnyel az EtOH 90%-os oldószerrel extrahált minták rendelkeztek. Hasonló tendencia figyelhető meg ha az antocianin értékeket a szárazanyag tartalomra vonatkoztatva ábrázolom (8.b) ábra), ahol az értékek 40-120 mg/g tartományban mozogtak. Ez esetben is az EtOH 50%-os valamint EtOH 70%-os oldószeres minták antocianin tartalma a legmagasabb.



9. ábra: Statisztikai értékelés

1 g törkölyre jutó antocianin tartalom az oldószer (a), valamint az oldószerarány (b) függvényében, 1 g extraktra jutó antocianin tartalom az oldószer (c), valamint az oldószerarány (d) függvényében

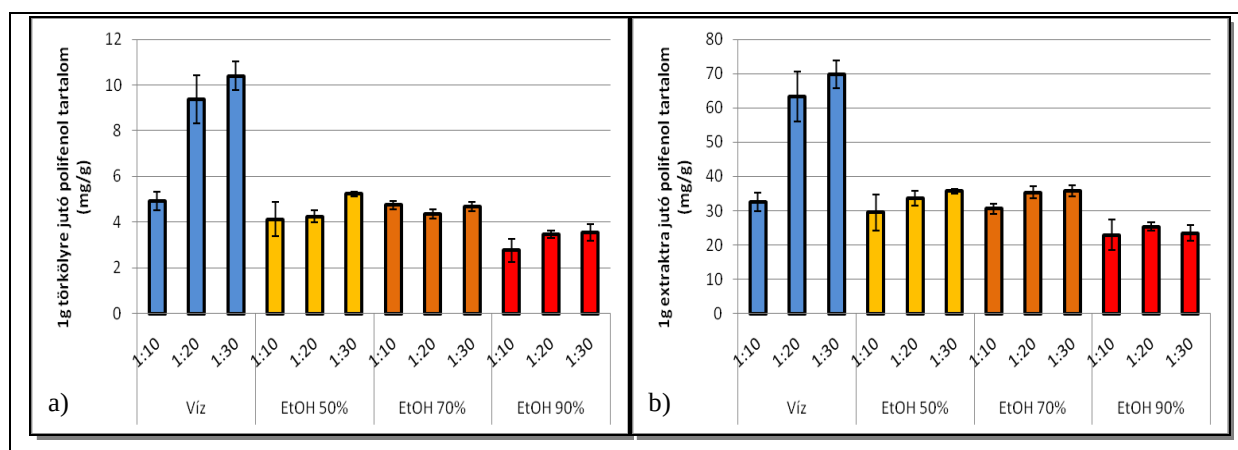
A varianciaanalízis eredményei alapján (9. ábra) megállapítható, hogy az alkalmazott oldószeres típusa, illetve az oldószer arány szignifikáns hatással vannak a bemért bodza törkölyből kinyerhető antocianin tartalomra, míg az extraktartalomnál csak az oldószer

típusának van szignifikáns hatása 95%-os szignifikancia szinten ($p=0,000$). A 9.a) és 9.c) ábra mutatja, hogy az antocianin mérés során a 70%-os etanolos extrakció során oldódott ki a legtöbb antocianin mind bemért törkölyre, mind extraktra vonatkoztatva. A 9.b) ábra alapján az 1:30 oldószer aránnyal készült extraktum adta a legmagasabb eredményeket, míg az 1:10 oldószerarányú, illetve vizes extrakció során lehetett a legkevesebb antocianint kinyerni a bemért bodza törkölyből. Az extraktumra számolt statisztikai eredmények (9.d)) alapján látható, hogy az 1:20 oldószerarány bizonyult legjobbnak, ám konfidencia intervalluma igen nagy, tehát extraktra vonatkoztatva nem volt szignifikáns hatása az oldószerarányok.

Korábbi mérések tapasztalataiból megállapítható, hogy a préselt bodzalé összes antocianin tartalma 10 ref% os mintára számolva 5-6,7 mg/ml körüli érték (Harcos, 2010; Ujfalusi, 2011). Az általam vizsgált extraktum összes antocianin tartalma 6-16 mg/g bemért törkölyre számítva, tehát megállapítható, hogy a bodzabogyó antocianin tartalmának egy része a préselt lébe kerül, viszont jelentős hányada maradt a törkölyben, ami eredményeim szerint egy egyszerű extrakciós módszerekkel könnyen kinyerhető.

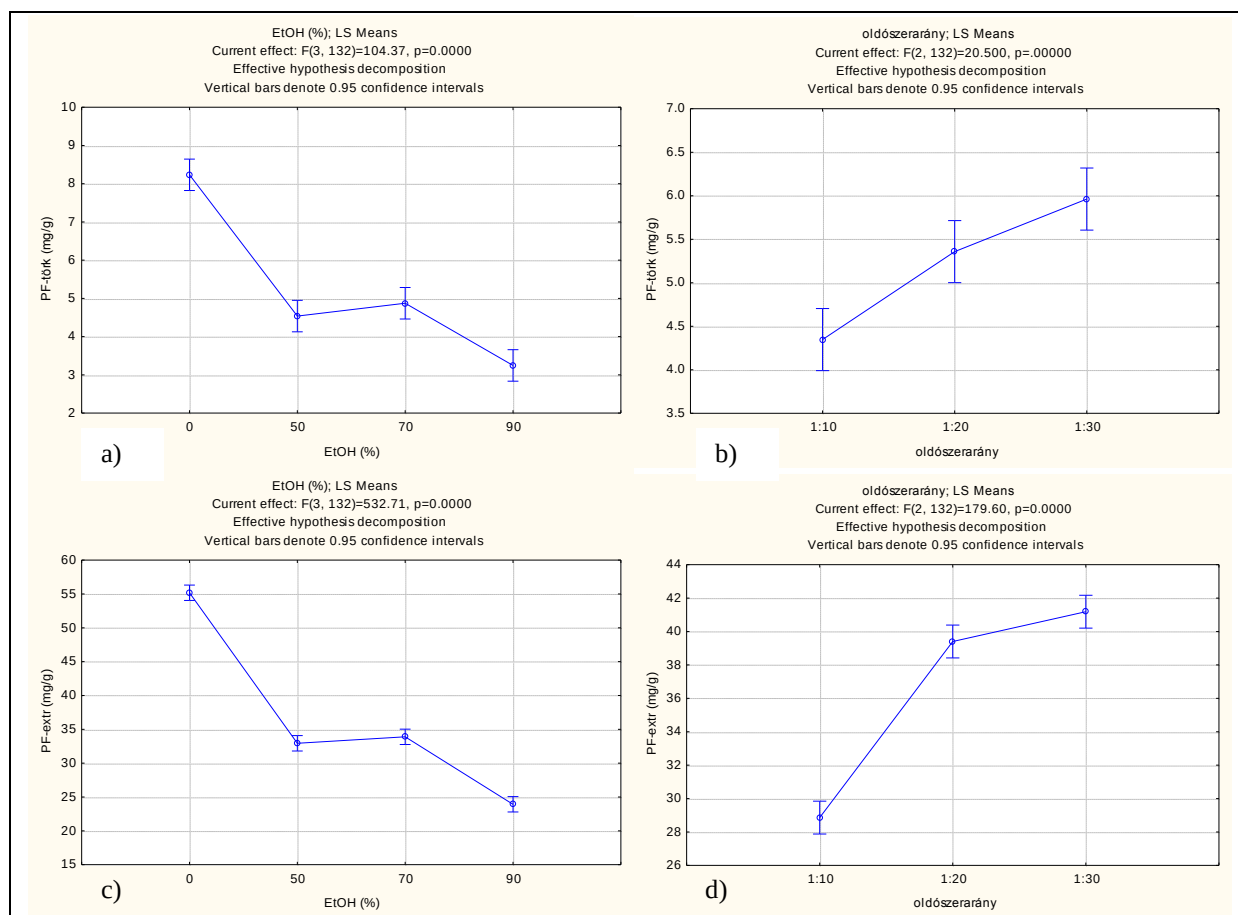
5.3.2. Polifenol tartalom

A fekete bodza antioxidáns anyagai között az antocianinok mellett jelentős az összes polifenol tartalma is. A polifenolok számos élettanilag kedvező hatással bírnak az emberi szervezetre (antioxidáns, érvédő, antikarcinogén), továbbá pozitív korrelációt figyeltek meg a zöldség- és gyümölcsfélék polifenoltartalma illetve antimikróbas hatása között (Rak, 2010). Ennek értelmében, minél nagyobb polifenoltartalmú extraktumot sikerül a bodza trököllyből előállítani, annál valószínűbb hogy az a későbbiekben természetes tartósítószerként felhasználható. A 10. ábra mutatja az egyes minták összes polifenol tartalmát.



10. ábra: Összes polifenol tartalom az oldószer illetve oldószerarány függvényében
1 g törkölyre (a), 1 g extraktra (b) vonatkoztatva

Az értékek 2-11 mg/g között mozogtak bemért törkölyre vonatkoztatva. A 10.a) ábrán látható, hogy a vizes extrakcióval készült minták eredményei kimagaslóan jobbak, mint a többi mintáké. A legrosszabb eredményekkel itt is az EtOH 90%-os oldószerrel extrahált minták rendelkeztek. Az 1g extraktra vonatkozó eredményeket a 10.b) ábrán lehet látni. Itt is elmondható, hogy hasonló tendenciát lehet felfedezni a szárazanyagtartalomra illetve a bemért törkölyre vonatkoztatott eredmények között, tehát legjobb eredménnyel a vizes extrakcióval, míg legrosszabb eredménnyel az EtOH 90%-os extrakcióval készült extraktumok rendelkeznek. A szárazanyagtartalomra vonatkoztatott összes polifenoltartalom eredményei 20-70 mg/g között változtak.



11. ábra: Statisztikai értékelés

1 g törkölyre jutó összes polifenol tartalom az oldószer (a), valamint az oldószerarány (b) függvényében, 1 g extraktra jutó összes polifenol tartalom az oldószer (c), valamint az oldószerarány (d) függvényében

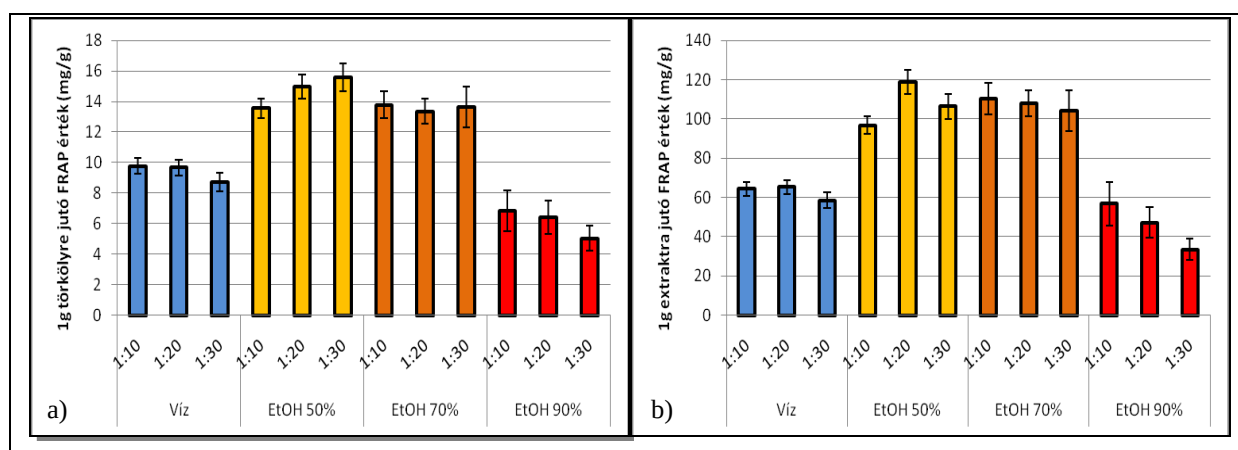
A varianciaanalízis eredményei alapján mind az oldószerarány, mind az oldószer fajtájának hatása van az extrakcióra a polifenol tartalom vonatkozásában (11. ábra). Látható hogy az eredmények között szignifikáns különbségek tapasztalhatók, 95%-os szignifikancia szinten ($p=0,000$). A vizes extrakció bizonyult a legeredményesebbnek, mind bemért törkölyre, mind extrakt tartalomra számolva, ami a 11.a) és 11.c) ábrán látható. Ugyanez megállapítható az oldószerarányra is a 11.b) és 11.d) ábrán, hiszen az 1:30 oldószerarányú extrakció jelentősen magasabb polifenol tartalmú extraktumot eredményezett, mint a másik két oldószerarányból előállított extraktum.

Korábbi mérések tapasztalataiból megállapítható, hogy a préselt bodzalé összes polifenol tartalma 10 ref% os mintára számolva kb. 9,1 mg/ml körüli érték (Harcos, 2010; Ujfalusi, 2011). Az általam kapott eredmények 2-11 mg/g között mozogtak, bemért törkölyre

vonatkoztatva, tehát megállapítható, hogy a bodzabogyó polifenol tartalmának jelentős része a préselt lébe kerül, viszont egy kisebb hányada megmarad a törkölyben. Az alkalmazott extrakciós módszerekkel a törkölyben maradt értékes polifenolos komponensek kinyerhetők.

5.3.3. FRAP érték

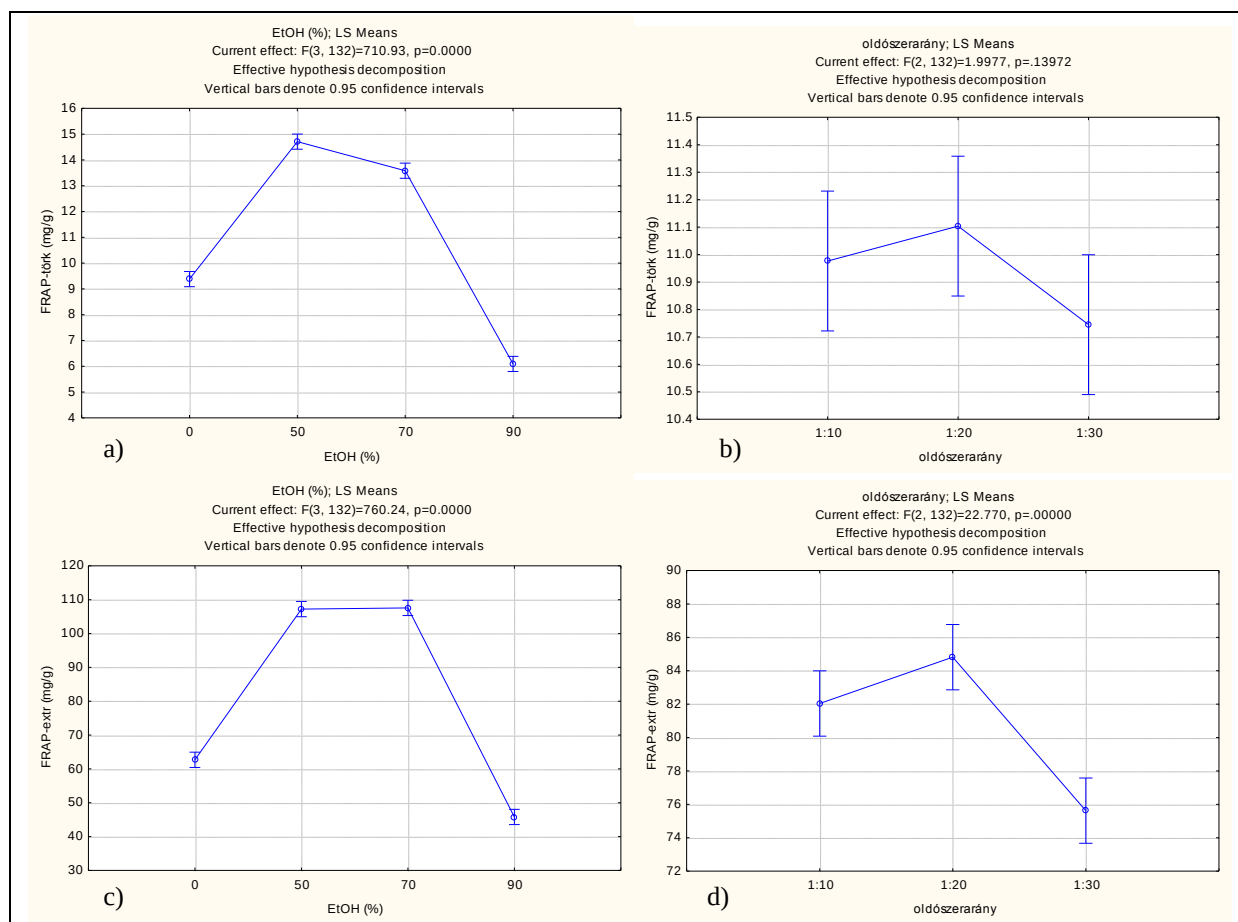
A FRAP érték a minta antioxidáns kapacitását jellemzi, melyet aszkorbinsav ekvivalensben adtam meg, amely azt fejezi ki, hogy az adott minta antioxidáns kapacitása hány mg aszkorbinsav antioxidáns kapacitásának felel meg. Az antioxidáns kapacitás mérés során az összes antioxidáns tulajdonsággal rendelkező vegyületet tudjuk jellemezni (vitaminok, antocianinok, polifenolos vegyületek, stb.), mivel a szakirodalom alapján mivel pozitív korreláció áll fent az antioxidáns kapacitás és antimikróbás hatás között. (Brenzie és Strain, 1996.)



12. ábra: FRAP értékek az oldószer illetve oldószerarány függvényében

1 g törkölyre (a), 1 g extraktra (b) vonatkoztatva

A 12.a) ábrán látható, hogy 4-16 mg/g között mozogtak a bemért törkölyre vonatkoztatott FRAP értékek. A legnagyobb antioxidáns kapacitással az EtOH 50%-os, valamint az EtOH 70%-os oldószerrel extrahált minták rendelkeztek. Ezt követte a vizes extrakció, majd az EtOH 90%-os oldószerrel végzett extrakció mutatta a legkisebb értékeket. Itt is megfigyelhető a hasonlóság a bemért törköly, valamint az extraktra vonatkoztatott eredmények között, ahol is a 12.b) ábra mutatja a FRAP értékeket, melyek 30-120 mg/g között mozognak.



13. ábra: Statisztikai értékelés

1 g törkölyre jutó FRAP érték az oldószer (a), valamint az oldószerarány (b) függvényében, 1 g extraktra jutó FRAP érték az oldószer (c), valamint az oldószerarány (d) függvényében

A varianciaanalízis eredményei alapján az oldószer fajtájának 95%-os szignifikancia szinten szignifikáns hatása van az extraktumok antioxidáns kapacitására ($p=0,000$) (13. ábra). Az EtOH 50%-os oldószerrel előállított extraktum bizonyult a legeredményesebbnek bemért törkölyre vonatkoztatva (13.a)), míg extraktra számolva az EtOH 70%-os oldószerrel előállított extraktum bizonyult a legjobbnak (13.c)). Az oldószerarányt vizsgálva megállapítható, hogy a bemért törkölyre vonatkoztatva nincs szignifikáns eltérés ($p=0,139$), amelyet a 13.b) ábra mutat, viszont szárazanyag tartalomra vonatkoztatott eredmények esetén az oldószerarányának van hatása, az 1:20 oldószerarányú extrakcióval készült minta bizonyult a legjobbnak (13.d)).

Korábbi mérések tapasztalataiból megállapítható, hogy a préselt bodzalé FRAP értéke 10 ref% os mintára számolva 110-120 mM/l (azaz 19-21 mg/ml) körüli érték (Ujfalusi, 2011). Méréseim során a FRAP értékek 4-16 mg/g tartományban mozogtak, tehát a bodzatörkölyből

készült extraktum antioxidáns kapacitása is jelentős, így a bodzasűrítmény készítésekor keletkező melléktermékből még számos biológiailag aktív komponens nyerhető ki.

5.3.4. A legjobb minták kiválasztása

A mikrobiológiai vizsgálatok előtt az antocianin, összes polifenol tartalom és FRAP értékre vonatkozó statisztikai eredményeket összegezve választottam ki az extrakciós módszerek közül a legeredményesebbeket. A három vizsgált paraméter tekintetében más-más extrakció bizonyult a legjobbnak, ezért a 5. táblázatban foglaltam össze az eredményeket.

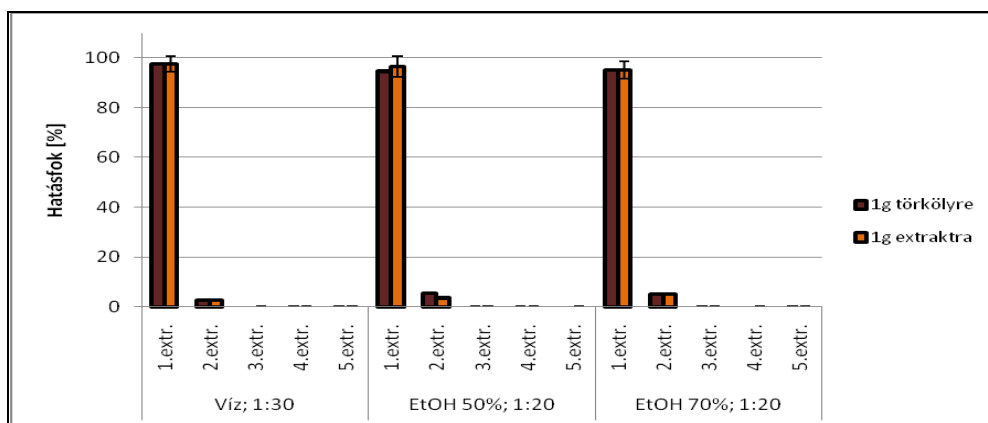
5. táblázat: Statisztikai eredmények összegzése

	Antocianin tartalom		Polifenol tartalom		FRAP érték	
	törkölyre	extraktra	törkölyre	extraktra	törkölyre	extraktra
oldószer	50 % 70 %	70%	víz	víz	50%	50 % 70 %
oldószer arány	1:20	1:20	1:30	1:30	1:20 1:30	1:10 1:20
	70 %; 1:20		víz; 1:30		50 %; 1:20	

Az antocianin mérés során az EtOH 70% oldószerrel végzett 1:20 arányú extrakció, az összes polifenol meghatározásánál az 1:30 arányú vizes extrakció, az antioxidáns kapacitás vizsgálata során az 1:20 arányú EtOH 50% oldószerrel végzett extrakció eredményei voltak a legjobbak. Tehát ezzel a három extrakciós módszerrel készítettem extraktumokat, melyekkel a további vizsgálatokat végeztem: ellenőriztem az extrakciós hatásfokot, és töményítés után teszteltem az antimikróbás hatást.

5.4. Extrakciós hatásfok

Mivel számos mérés során nélkülözhetetlen a minőségbiztosítás, ezért elvégeztem a bodzatörköly extrakciós hatásfok vizsgálatát. A mérés lényege, hogy kiderüljön, hányszor kell extrahálni ugyanazon mintát ahhoz, hogy az összes értékes komponenst kinyerhessük belőle. Az eddigi mérések során egyszeres extrakciót használtam. A hatásfok vizsgálatot öt lépésben végeztem el FRAP érték vizsgálatára, mivel a FRAP érték adja meg a bodzatörköly minták antioxidáns kapacitását, amely nagyrészt magába foglalja mind az antocianidin tartalmat, mind pedig a polifenol tartalmat.



14. ábra: Bodzatörköly extrakciós hatásfok vizsgálata

A 14. ábrán jól látszik, hogy mindhárom oldószer esetében az első extrakció volt a leghatékonyabb. A számításokat elvégeztem törkölyre, illetve szárazanyag tartalomra vonatkoztatva, de a két számítási mód között nincs jelentős eltérés. Minden oldószer esetében megállapítható, hogy az első extrakció során kinyertem a minták értékes komponensének 94-97%-át. A második extrakció során csupán 2-5%-nyi értékes komponens volt kinyerhető. A többi lépésben olyan alacsony abszorbancia jelet kaptam, amely már kiesik a számolható lineáris tartományból. Tehát megállapítható, hogy az eddig mért eredmények reálisak, hiszen az értékes komponensek az első extrakció során már 97%-ban kioldódnak.

5.5. Mikrobiológiai vizsgálatok

A mikrobiológiai vizsgálatokhoz a három legjobb extrakciós módszerrel készült extraktumokat 60°C-on 40-szeresre töményítettem és ezekkel a mintákkal, agardiffúziós módszerrel vizsgáltam az extraktumok antimikrobás hatását. A 6. táblázat összefoglalja az vizsgálat során kapott feltisztulási zónákat.

6. táblázat: Az antimikrobás hatás szemléltetése

Törzsek:	Víz-1:30		EtOH 50%-1:20		EtOH 70%-1:20	
<i>Enterobacter cloacae</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i> 8739	-	-	-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	-	-	-	-	-	-
<i>Enterococcus faecalis</i>	-	-	13 mm	13 mm	+	+
<i>Listeria monocytogenes</i> 4ab	-	-	11 mm	10 mm	-	-
<i>Saccharomyces pastorianus</i> NCAIM 805	-	-	-	-	-	-
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> W66	-	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus niger</i> FOO722	-	-	-	-	-	-
<i>Lactobacillus curvatus</i> 2768	-	-	-	-	-	-

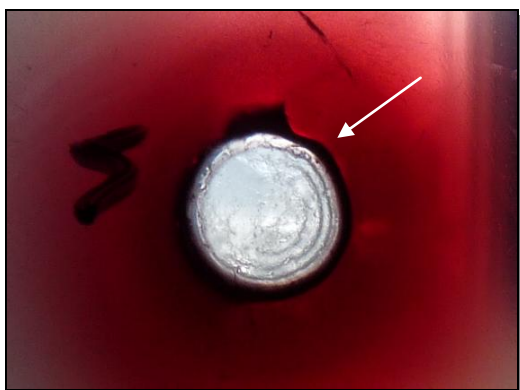
Az extraktumok, illetve a kontrollként használt Fitostore, illetve 20%-os ecetsav esszencia feltisztulási zónáját a 15. ábrán mutatom be.



15. ábra: Kontroll minták felfutási zónái

Az EtOH 50%-os oldószerrel 1:20 arányban extrahált minta mindkét párhuzamos esetén mutatott feltisztulási jelenséget az *Enterococcus faecalis* esetén, amely friss fekáliás szennyeződésre utaló indikátor mikroba (16. ábra). Az élelmiszeriparban elterjedése nem kívánatos jelenség. Az EtOH 70%-os oldószerrel 1:20 arányban extrahált minta is mutatott némi feltisztulási zónát (17. ábra), melyet a táblázatban „+”-al jelöltem. Mivel a színyanyagok is bediffundáltak az agarba ezért a mind kimutatása, mind fényképezése nehézkes volt.

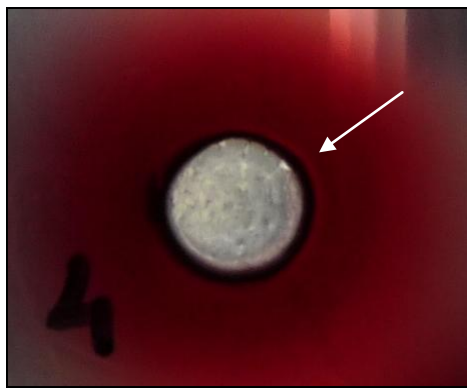
Az általam vizsgált extraktumok közül az EtOH 50%-os oldószerrel, 1:20 arányban extrahált minta mindkét párhuzamos leoltás esetén mutatott feltisztulási zónát (18. ábra) a *Listeria monocytogenes* esetén, amely egyre terjedő patogén mikroorganizmus. A listeriózis az élelmiszerek által okozott megbetegedések szempontjából kiemelkedően magas jelentőségű, ezért élelmiszerekben természetes úton való gátlása kívánatos technológiai folyamat.



16. ábra: 50%-os EtOH oldószerrel
1:20 arányban extrahált minta
feltisztulási zónája



17. ábra: 70%-os EtOH oldószerrel
1:20 arányban extrahált minta
feltisztulási zónája



18. ábra: 50%-os EtOH oldószerrel 1:20 arányban extrahált minta feltisztulási zónája

Összességében megállapítható, hogy az EtOH 50%-os oldószerrel 1:20 arányban extrahált minta rendelkezett antimikróbás hatással, ám feltehetőleg rengeteg komponens volt még a mintában, amely miatt az egyes polifenolok nem tudták érvényre juttatni hatásukat. Az EtOH 70%-os oldószerrel 1:20 arányban extrahált minta is rendelkezett némi antimikróbás hatással *Enterococcus faecalis* esetében. A jobb eredmény elérése érdekében a további kutatások során érdemes a mintákat további tisztító eljárásoknak alávetni, mely során feldúsítjuk azokat a polifenolos vegyületeket (pl. quercetin), melyeknek igazolt antimikróbás hatásuk van.

6. Következtetések és javaslatok

A fekete bodza törkölyből, mint alapanyagból különböző extrakciós módszerekkel előállított extraktumok alaptulajdonságainak valamint beltartalmi paramétereinek vizsgálatát hajtottam végre annak érdekében, hogy magas antioxidáns tartalmú extraktumokat álítsak elő, tehát azt vizsgáltam, hogy a fekete bodza törköly lehetséges alapanyaga-e egy természetes tartósítószernek.

A színvizsgálatok és biológiailag aktív komponensek mérési eredményei alapján, illetve azokat korábbi mérési eredményekkel összevetve megállapítottam, hogy a bodzaléhez hasonlítva a bodzatörkölyből előállított extraktum még jelentős mértékű színezőerővel és antioxidáns kapacitással bír, így színező élelmiszerként hasznosítható.

Két mikroba esetén tapasztaltam antimikróbás hatást, egy patogén baktériumra (*L. monocytogenes*) illetve egy higiéniai szennyezettséget befolyásoló indikátor baktériumra (*E. faecalis*). Mivel az antimikróbás hatás vizsgálatánál csak kis mértékű feltisztulási zóna volt tapasztalható, további tisztítási eljárásokra van szükség. További kísérletként az egyes polifenolok, antocianinok, stb. hatását megfelelő elválasztás után külön-külön szeretném vizsgálni az egyes mikroorganizmusokra. A későbbiekben a fekete bodzatörköly így alkalmas lehet természetes tartósítószer előállítására.

A kapott eredményekből arra a következtetésre jutottam, hogy érdemes a bodzatörköly hasznosításával foglalkozni, mivel a lényerési technológiát követően rengeteg biológiailag aktív komponenst tartalmaz még, melyek tisztítási eljárás nélkül is mutatattak feltisztulási zónát az egyes mikroorganizmusok esetén. Az iparban keletkező melléktermékek hasznosításával közelebb kerülhetünk ahhoz, hogy egy hulladékmentes technológiát dolgozzunk ki. Hasonló példa már van az iparban a szőlőtörköly, almatörköly és citrusfélék préselési maradéka esetén.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Mivel hazánkban jelentős a fekete bodza (*Sambucus nigra* L.) termelés (közel 1000 ha területen), ezért dolgozatomban azt vizsgáltam, hogy a fekete bodza törköly biológiailag aktív anyagait milyen extrakciós módszerrel lehet leghatékonyabban kinyerni és így magas antioxidáns tartalmú extraktumot előállítani. A célom az volt, hogy a fekete bodza törköly alaptulajdonságainak és biológiailag aktív komponenseinek vizsgálatával el tudjam dönteni, hogy egy természetes tartósítószer alapanyagaként hasznosítható-e. Ezt főként a mikrobiológia, valamint a spektroszkópai módszerekkel mért eredményekre támaszkodva döntöttem el.

Az extrakció során négy extraháló oldószerrel (víz és etanol különböző arányú keveréke) és három oldószer aránnyal (1:10, 1:20, 1:30) dolgoztam, így készítettem el a 12 extraktumot. A munkám során első lépésként a különböző extrakciós módszerekkel előállított extraktumok alaptulajdonságait, színezőerejét és beltartalmi értékeit vizsgáltam. A kapott eredmények alapján kiválasztott három legjobb extraktum esetében megvizsgáltam az extrakciós hatásfokot és antimikrobás hatás vizsgálatot hajtottam végre.

- Az extrakt tartalom vizsgálatánál megállapítható, hogy az 1:10-es oldószerarányú extrakció során oldódott ki a legtöbb több szárazanyag. Azonos oldószerarány esetén az alkohol arányának növekedésével csökkent az extrakt tartalom, tehát a legnagyobb értéket víz, míg a legkisebb értéket 90%-os etanol esetén kaptam. A pH értékek 4-6 pH tartományban mozogtak, tehát a bodzatörköly minták enyhén savas karakterűek.

- A kezdeti szín vizsgálatánál az L^* értékek 20 körül, az a^* értékek 0-6 között, míg b^* érték 0-2,5 között mozogtak, tehát a jellemző szín minden termék esetén a vörös és egyik minta sem volt a kék tartományban. A színmérés alkalmasnak bizonyult arra, hogy az adott extrakciós módszer hatékonyságát gyors vizsgálati módszerrel ellenőrizzük.

- A színezőerő vizsgálatot azonos módon 0,7 ref %-ra hígított mintákkal végeztem el. Az L^* értékei minden extrakciós módszer esetében 19-21 közötti értékeket mutattak, és a hígítatlan minták L^* értékeihez képest sem változtak. A vörös-zöld tényező vizsgálata során megállapítható, hogy emelkedtek az a^* értékek a kezdeti mintához képest. Ennek egyik oka a pH változása lehet. A b^* értékek nem változtak jelentősen a kiindulási mintától. Korábbi mérések tapasztalataiból megállapítható, hogy a bodzaléhez hasonlítva a bodzatörkölyből előállított extraktum is jelentős mértékű színezőerővel bír.

- A bodzából készült sűrítmények nagy antocianin tartalmuknak köszönhetően használhatók színező élelmiszerként. A magas polifenol tartalom pozitív korrelációt mutat az antimikróbás hatással, az antioxidáns kapacitás pedig hozzájárul a növény védelmi rendszerének erősítéséhez, így többek között szintén antimikróbás hatással is rendelkezik. Az antocianin értékek 6-16 mg/g, az összes polifenol tartalom értékei 2-11 mg/g, míg FRAP érték, a minta antioxidáns kapacitása, 4-16 mg/g tartományban mozgott bemért törkölyre vonatkoztatva. A varianciaanalízis eredményei alapján megállapítható, hogy az alkalmazott oldószer típusa, illetve az oldószer arány szignifikáns hatással vannak a kinyerhető antocianin, illetve polifenol tartalomra, míg a FRAP értékre csak az oldószer típusa volt szignifikáns hatással.

- Az antocianin mérés során az EtOH 70%-os oldószerrel 1:20 arányban, az összes polifenol meghatározásánál az 1:30 arányú vizes, az antioxidáns kapacitás vizsgálata során az 1:20 arányú EtOH 50%-os oldószerrel végzett extrakciók bizonyultak a legjobbak, tehát ezekkel az extrakciós módszerekkel készítettem újabb extraktumokat.

- Az extrakciós hatásfok vizsgálata során megállapítottam, hogy az értékes komponensek az első extrakció során már 97%-ban kioldódnak.

- A mikrobiológiai vizsgálatnál agar diffúziós módszerrel figyeltem meg az extraktumok antimikróbás hatását. A kapott eredmények alapján megállapítottam, hogy az EtOH 50%-os oldószerrel 1:20 arányban extrahált minta rendelkezett antimikróbás hatással *E. faecalis* és *L. monocytogenes* esetén. Az EtOH 70%-os oldószerrel 1:20 arányban extrahált minta is rendelkezett némi antimikróbás hatással *E. faecalis* esetében.

A kapott eredmények alapján megállapítottam, hogy érdemes a fekete bodza törköly hasznosításával foglalkozni, hiszen a törkölyből készített extraktum még jelentős színező erővel bír, így alkalmazható színező élelmiszer előállítására. Továbbá a lényerési technológiát követően rengeteg biológiailag aktív komponenst tartalmazott még, melyek tisztítási eljárás nélkül is mutatattak feltisztulási zónát az egyes mikroorganizmusok esetén. További tisztítási eljárások után egyfajta természetes tartósítószer előállítás alapanyagává válhat. Az iparban keletkező melléktermékek hasznosításával ilyen módon közelebb kerülhetünk egy hulladékmentes technológia kidolgozásához, melyre egyre sürgetőbb az igény napjainkban.

IRODALOMJEGYZÉK

1. AHERNE, S. A., O'BRIEN, N. M., 2002. Dietary flavonols: Chemistry, food content, and metabolism. *Nutrition*. 18(1):75-81.
2. BARNA T., 2003. A növények fitoncid hatása, különös tekintettel a cédrusokra, Erdész szellemi műhely, Kecskemét
3. BARTA J., 2007. A gyümölcsfeldolgozás technológiái, Mezőgazda Kiadó 41.-42; 83-132; 146-160.
4. BEECHER, G. R., 1999. Antioxidant food supplements in human health.
5. BENZIE I.I.F., STRAIN J.J., 1996 The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measuring of „antioxidant power”: The FRAP assay. *Annual Biochem.* 239, 70–76.
6. BERNÁTH, J., 1993. Vadon termő és termesztett gyógynövények. Mezőgazda Kiadó, Budapest
7. BÍRÓ, LINDNER, 1999. Tápanyagtáblázat. Táplálkozástan és tápanyag-összetétel. Medicina, Budapest
8. BORBÉLY J., 2011. Almatörköly etanolos extrakciójának vizsgálata a paraméterek változtatása mellett Szakdolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest
9. BORHIDI, A., 1995. A zárva termők fejlődéstörténeti rendszertana. Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Budapest
10. CATHERINE A., RICE-EVANS, NICHOLAS J. M., GEROGE P. (1997) Antioxidant properties of phenolic compounds, Elsevier Science Ltd. 152-159
11. CSAPÓ J., CSAPÓNÉ KZS., 2003. Élelmiszer-kémia, Mezőgazda Kiadó 358-365.
12. DE RIJKE, E., OUT, P. ET AL., 2006. Analytical separation and detection methods for flavonoids. *Journal of Chromatography A*. 1112(1-2):31-63.
13. FERREDOON SHAHIDI, M. N., 2004. "Phenolics in Food and Nutraceuticals." 575. Boca Raton
14. FÖLDESI, D., 1993. Vadon termő és termesztett gyógynövények. Mezőgazda Kiadó, Budapest
15. FÜLEKI T., FRANCIS F. J., 1968. Quantitative methods for anthocyanins 2. *Journal Food Science* (33) 78.
16. GRIEVE, 1982. A modern herbal. Dover Publications New York
17. HARAGUCHI H., TANIMOTO K., TAMURA Y., MIZUTANI K., KINOSHITA T., 1998. Mode of antibacterial action of retrochalcones from *Glycyrrhiza infata*. *Phytochemistry* 48:125-9.
18. HARBORNE JB., WILLIAMS CA., 2000. Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry* 55:481-504.
19. HARCOS K., 2010. Fekete bodza (*Sambucus nigra* L.) fajták és változatok antocianin-tartalmának és színének vizsgálata, Szakdolgozat, Budapest
20. HARNLY, J. M., BHAGWAT, S. ET AL., 2007. Profiling methods for the determination of phenolic compounds in foods and dietary supplements. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 389(1):47-61.
21. HELBIG, D, BÖHM, V, WAGNER, A, SCHUBERT, R, JAHREIS, G., 2008. Berry seed press residues and their valuable ingredients with special regard to black currant seed press residues, *Food Chemistry*, 111, 1043-1049
22. IKIGAI H., NAKAE T., HARA Y., SHIMAMURA T., 1993. Bactericidal catechins damage the lipid bilayer. *Biochim Biophys Acta* 1147:132-6.
23. JUHÁSZ V., 2007. Új természetes alapú tartósítószer alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata biotermékek előállítása során, Diplomamunka, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest
24. KAROVICOVA, J., SIMKO P., PRIBELA, A., 1989. Fatty acids of *sambucus-nigra* and *sambucus-ebulus*. Bratislava, Slovakia
25. KEIPERT, K., 1981. *Beerenobst*. Verlag Eugen Ulmer GmbH Stuttgart
26. KENÁZ Á., 2007. Természetes eredetű, potenciálisan biológiai aktív O- és Cpertilezett flavononok szintézise, Doktori értekezés
27. KPKI, 2004., Kutatási jelentés
28. LÉVAI R., 2008. Organikus élelmiszer tartósítószer Fejlesztés Diplomamunka Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest
29. LIN YM., ANDERSON H., FLAVIN MT., ET AL., 1997. *In vitro* anti-HIV activity of bioflavonoids isolated from *Rhus succedanea* and *Garcinia multiflora*. *J Nat Prod* 60:884 8.
30. LUGASI A., 2003. Antioxidáns tulajdonságú növényi hatóanyagok: A flavonoidok, Új Diéta 2003/3
31. LUGASI, A., 2000. Az élelmiszer eredetű flavonoidok potenciális egészségvédő hatása, *Orvosi Hetilap* 141 (32), 1751-1760
32. MAGDA S., MARSELEK S., 2000. Élelmiszeripar, A mezőgazdasági és élelmiszer-ipari technológia alapjai, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
33. MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV 1-2-88/288

34. MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV 1-2-89/107
35. MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV 1-2-92/2
36. MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV 1-2-94/36
37. MORI A., NISHINO C., ENOKI N., TAWATA S., 1987. antibacterial action of propolis and some of its compenents: the effects on grown, membrane potential and mobility of bacteria. *Microbiol Res* 152:239-46.
38. OHMENG KA., SCHWENDER CF., FU KP., BARRETT JF., 1993. DNA gyrase inhibitory and antibacterial activity of some flavones. *Bioorg Med Chem Lett* 3:225-30.
39. PLAPER A., GOLOB M., HAFNER I., OBLAK M., SOLMAJER T., JERALA R., 2003. Characterization of quercetin binding site on DNA gyrase. *Biochem Biophys Res Commun* 306:530-6.
40. PORPÁ CZY, A., 1987. Ribiszke, áfonya, bodza, fekete berkenye, Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 279-289.
41. RAK G., 2010. Polifenolok és származékaik feltérképezése hármaskvadropól tömegspekrometriás módszerrel. Doktori (Ph.D.) értekezés Budapesti Corvinus Egyetem Alkalmazott Kémia Tanszék, Budapest
42. ROBARDS, K., ANTOLOVICS, M., 1997. Analytical chemistry of fruit bioflavonoids - A review. *Analyst*. 122(2):R11-R34.
43. RODLER I., 2005. Tápanyagtáblázat, Medicina Könyvkiadó, Budapest
44. SCHOBINGER, 1987. Frucht- und Gemüsesäfte. Verlag Ulmer, Stuttgart
45. SINGLETON V. L., ROSSI J. A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid "reagents". *Am. J. Enol. Vitic.*, 16, 144–158.
46. SIPOS, B. Z. ÉS CSIZMADIA, GY., 2001. Sambucus nigra L.. A fekete bodza termesztése. Szaktanácsadói segédlet. Bodzatermelők Értékesítő Szövetkezete, Vál
47. SIPOS, B. Z., 2010. A fekete bodza termesztése, Mezőgazda kiadó, Budapest 82-86.
48. SOUCI, S.W., FACHMANN, W., KRAUT, H., 2008. Die Zusammensetzung der Lebensmittel Nährwert-Tabellen. 7.revidierte Auflage, Medpharm Scientific Publishers, Stuttgart, Deutschland, p. 1071.
49. STÉGERNÉ, M.M., 2010. A fekete bodza feldolgozása.
50. STOLL-GREMMINGER, 1986. Besondere Obstarten. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
51. SZENES E., OLÁH M., 1991. Konzervipari kézikönyv, Integra-Projekt Kft., Budapest
52. SZÜCS V., 2007. Új természetes alapú tartósítószer alkalmazása konzervipari gyümölcscsízítményekben, Diplomamunka, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest
53. TÓTH O., 2011. Almatörköly élelmiszeripari mikroorganizmusokra gyakorolt hatása Szakdolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest
54. UJFALUSI A., 2010. Fekete bodza sűrítmények színjellemzőinek vizsgálata különböző tárolási feltételek mellett, Szakdolgozat, Budapest
55. VALLS, J., MILLAN, S. ET AL., 2009. Advanced separation methods of food anthocyanins, isoflavones and flavanols. *Journal of Chromatography A*. 1216(43):7143-7172.
56. VARRÓ, A. B., 1991. Gyógynövények gyógyhatásai. Pannon kiadó, Budapest
57. VILINOVSKY ZS., 2011. Organikus élelmiszer-tartósítószer Fejlesztése Diplomamunka, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest
58. VIRGA K., 2009. Növényi extraktumok vizsgálata természetes alapú tartósítószer előállítása céljából 52.
59. WACHTER GA., HOFFMAN JJ., FURBACHER T., BLAKE ME., TIMMERMAN BN., 1999. Antibacterial and antifungal flavanones from Eysenhardtia texana. *Phytochemistry* 52:1469-71.
60. WORLD HEALTH ORGANISATION, 1974. Propionic acid.WHO Feed Additives 5
61. WORLD HEALTH ORGANISATION, 2000. Benzoic acid and sodium benzoate, Concise International Chemical Assessment, Document 26 Geneva
62. ZIMMERMANN, B. F., GALENSA, R., 2007. One for all- all for one: proof of authenticity and tracing of foods with flavonoids - Analysis of proanthocyanidins in barley and malt. *European Food Research and Technology*. 224(3):385-393
63. <http://www.panoramio.com/photo/12531256>

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek, dr. Juhász Rékának a Konzervtechnológiai Tanszék munkatársának, hogy a dolgozat megírását lehetővé tette, útmutatásával és szakmai segítségnyújtásával segítette munkámat és saját idejét nem kímélve támogatott dolgozatom elkészítése során.

Szeretném megköszönni dr. Kun Szilárdnak a segítséget és a lehetőséget, hogy a mikrobiológiai vizsgálataimat a Sör- és Szeszipari Tanszék laboratóriumában végezhettem el.

Továbbá szeretnék köszönetet mondani Ivanics Juditnak és Komlós Gábornak, akik a méréseim során nyújtott nagy segítséget.