

SZENT ISTVÁN EGYETEM

**FEKETE BODZA SZÍNANYAGOK ÁTFOGÓ
ANALITIKAI VIZSGÁLATA ÉLELMISZER-
TECHNOLÓGIAI ELJÁRÁSOK SORÁN**

SZALÓKI-DORKÓ LILLA

Budapest

2016

A doktori iskola

megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

tudományága: Élelmiszertudományok

vezetője: Dr. Vatai Gyula
Egyetemi tanár, DSc
SZIE, Élelmiszertudományi Kar,
Élelmiszeripari Műveletek és Gépek Tanszék

Témavezető: Dr. habil. Abrankó László
Egyetemi docens, PhD
SZIE, Élelmiszertudományi Kar
Alkalmazott Kémia Tanszék

Témavezető: Stégerné Dr. Máté Mónika
Egyetemi docens, PhD
SZIE, Élelmiszertudományi Kar
Konzervtechnológiai Tanszék

A jelölt a Szent István Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, azért az értekezés nyilvános vitára bocsátható.

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK	5
1. BEVEZETÉS	6
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	8
2.1. A fekete bodza jellemzése	8
2.1.1. Rendszertani besorolás	8
2.1.2. Botanikai jellemzők.....	8
2.1.3. Termesztési körülmények	8
2.2. A fekete bodza beltartalmi értékei.....	11
2.2.1. Általános táplálkozás-élettani értékek.....	11
2.2.2. Antocianinok rövid bemutatása.....	13
2.2.2.1. A molekula általános jellemzése	13
2.2.2.2. Stabilitás	15
2.2.2.3. Analitikai meghatározás	18
2.2.2.4. A fekete bodza színanyag tartalma.....	21
2.3. A gyümölcsök érési folyamata.....	22
2.4. A fekete bodza élelmiszeripari feldolgozásának lehetőségei	26
2.4.1. Fekete bodza termékek előállítása.....	26
2.4.1.1. Gyümölcsvelő előállítása	26
2.4.1.2. Gyümölcssűrítmény előállítása	27
2.5. Élelmiszeripari adalékanyagok.....	30
2.5.1. Általános jellemzés	30
2.5.2. Élelmiszer-színezékek.....	33
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	39
3.1. Vizsgálatba bevont fekete bodza fajták.....	39
3.2. Vizsgálati minták származási helye	39
3.3. Felhasznált vegyszerek.....	40
3.4. Kísérleti szakaszok	41
3.4.1. Érésvizsgálathoz szükséges fekete bodza minták begyűjtése	41
3.4.2. Fekete bodza sűrítmény előállítás-technológiája	43
3.4.3. Színezett joghurtok tárolási stabilitásának vizsgálata	45
3.5. Mintaelőkészítések	48
3.6. Alkalmazott mérési módszerek	49
3.6.1. Antocianin molekulák meghatározása	49
3.6.2. Összes polifenol tartalom meghatározása	50
3.6.3. Összes titrálható savtartalom meghatározása	50
3.6.4. Összes vízoldható szárazanyag tartalom meghatározása	51

3.6.5. pH érték meghatározása	51
3.6.6. Színkoordináták meghatározása.....	51
3.7. Alkalmazott statisztikai módszerek.....	52
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	53
4.1. Fekete bodza fajták beltartalmának változása az érés során	53
4.1.1. Antocianin molekulák értékelése	53
4.1.1.1. Antocianin molekulák azonosítása.....	53
4.1.1.2. Antocianin molekulák mennyiségi értékelése.....	56
4.1.2. Összes vízdoldható szárazanyag tartalom értékelése.....	62
4.1.3. Összes polifenol tartalom értékelése.....	65
4.1.4. pH érték és összes titrálható savtartalom értékelése	67
4.1.5. Színkoordináták értékelése	68
4.2. Antocianin tartalom változása a feldolgozás-technológia során.....	71
4.2.1. Antocianin molekulák azonosítása.....	71
4.2.2. Antocianin molekulák mennyiségi értékelése.....	75
4.3. Fekete bodza sűrítmények értékelése joghurt termékben.....	82
4.3.1. Antocianin molekulák azonosítása.....	82
4.3.2. Antocianin molekulák mennyiségi értékelése.....	83
4.3.3. Színkoordináták értékelése	88
4.4. Új tudományos eredmények.....	91
5. KÖVETKEZTETÉSEK	92
6. ÖSSZEFOGLALÁS.....	93
7. SUMMARY	95
8. MELLÉKLETEK	97
M1. Irodalomjegyzék.....	97
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	119

RÖVIDÍTÉSJEYZÉK

Rövidítés	Angol	Magyar
EIC	Extracted Ion Chromatogram	Kiemelt ionkromatogram
MS	Mass Spectrometry	Tömegspektrometria
Q/TOF	Quadrupole/Time of Flight	Kvadrupól/Repülési idő
HPLC	High-Performance-Liquid-Chromatography	Nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia
Cy	Cianidin aglikon	
TA	Összes antocianin tartalom	
TP	Összes polifenol tartalom	
Cy3G	Cianidin-3- <i>O</i> -szambubiozid-5- <i>O</i> -glükózid	
Cy2G	Cianidin-3- <i>O</i> -szambubiozid	
CyG	Cianidin-3- <i>O</i> -glükózid	
NV	Nagyvenyim	
V	Vál	
DW	Dry weight	Száraz tömeg
MeOH	Metanol	
GSE	Galluszsav egyenérték	
CGE	Cianidin-3-glükózid egyenérték	
H	Haschberg	
S	Samocco	

1. BEVEZETÉS

Napjainkban a tudatos fogyasztókban ellenszenvet vált ki és elfordulást eredményez az élelmiszerekben alkalmazott kémiai adalékanyagok alkalmazása, kiváltképp a gyermekeknek szánt élelmiszerek esetén. Ezt a tendenciát tovább erősíti az Európai Parlament és Tanács élelmiszer-adalékanyagokra vonatkozó 1333/2008-as rendelete, melynek V. mellékletének értelmében 2010. július 20. óta a Southampton színezékek alkalmazása esetén ma már nem elegendő csupán annak nevét vagy E-számát feltüntetni, hanem az alábbi mondatot is szerepeltetni kell a termék címkéjén: „A gyermekek tevékenységére és figyelmére káros hatást gyakorolhat”. Ez a kötelező szabályozás vonatkozik a leggyakrabban alkalmazott piros mesterséges színezékekre is, mint például az Azorubin (E 122), Ponceau 4R (E 124), vagy az Alluravörös (E 129) [1333/2008 EK RENDELET]. Ez a szabályozás egyértelműen abba az irányba tereli az élelmiszer-előállítókat, hogy ezen adalékokat kiváltó színező anyagok felé forduljanak. A mesterséges élelmiszer-színezékek kiváltására alkalmasak lehetnek a nagy színanyag tartalommal rendelkező gyümölcsök/zöldségek.

A színező élelmiszerek általában nagy színanyag tartalmú növényi anyagok koncentrátumai, melyekre jellemző, hogy a növény eredeti összetételét is tartalmazzák. Ezek egy része értékes lehet táplálkozás-élettani szempontból (pl. vitaminok), viszont egyéb része jellegzetes érzékszervi tulajdonságokat kölcsönözhet a sűrítménynek, melynek hatására módosulhat a gyümölcskészítmény íz- és illatprofilja. Napjainkban a fekete ribiszke, a fekete bodza, a hibiszkusz, a cékla és a szőlő koncentrátumait használja az élelmiszeripar színezésre.

Színező élelmiszerként történő alkalmazásuk során azonban feltételezésem szerint a nyersanyag fajtájának és érettségi állapotának vizsgálati eredményeiből nem vonhatunk le egyértelmű következtetéseket arra vonatkozóan, hogy a gyümölcsből előállított színező koncentrátum az élelmiszerbe kerülve milyen színezőerővel és színtabilitással rendelkezik.

Munkám során ezért három szakaszra bontható átfogó kísérletsorozattal kívántam meghatározni a nagy antocianin tartalommal rendelkező, hazánkban kiválóan természetű fekete bodza (*Sambucus nigra* L.) gyümölcs színező élelmiszerként történő felhasználásának lehetőségeit.

Kísérleteim első lépéseként a növényi nyersanyag antocianin készletének feltérképezése történt minőségi és mennyiségi oldalról, melyen belül vizsgáltam a fajták, az érési folyamat és a termőhelyek okozta eltéréseket. Mindezek alapján céлом volt meghatározni egy adott fajtára jellemző, szüretelés szempontjából kulcsfontosságú optimális érettségi állapotot, mely a legnagyobb színanyag tartalommal rendelkező érettséget jelenti.

Kutatásom második szakaszában arra kerestem a választ, hogy a növényi nyersanyagban található antocianin komponensek milyen formában és mekkora mennyiségben kerülnek át az élelmiszer színezésére szánt koncentrátumba. Ennek során a sűrítmény-gyártás technológiai lépéseinek hatását vizsgáltam a kiválasztott fekete bodza fajták színanyag-összetételére.

Végül az előállított fekete bodza koncentrátumok színező élelmiszerként történő alkalmazhatóságát vizsgáltam élelmiszerhez adagolva, melynek során a sűrítményekből származó antocianinok stabilitását követtem nyomon egy 6 hetes tárolási kísérlet alatt.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A fekete bodza jellemzése

2.1.1. Rendszertani besorolás

A fekete bodza (*Sambucus nigra* L.) a Zárvatermők törzsébe (*Angiospermatophyta*), a Kétszikűek osztályába (*Dicotyledonopsida*), a Mácsonyvirágúak rendjébe (*Dipsacales*), a Pézsmaboglárfélék családjába (*Adoxaceae*) és a bodzafélék nemzetségébe (*Sambucus*) tartozik. A *Sambucus* nemzetségen belül több faj jegyezhető: *ebulus*, *nigra*, *cerulea*, *pubens*, *sieboldiana*, *callicarpa*, *chinesis*, *mexicana*, *peruviana*, *sibirica* [PRISZTER, 1998].

A *Sambucus nigrát* főként európai ültetvényeken találjuk meg, míg a *canadiensis*-t amerikai fajnak is szokták nevezni [LEE *et al.*, 2007]. Európában a legelterjedtebb fajta a Haschberg [KOVÁCS & TÓTH, 2001].

2.1.2. Botanikai jellemzők

A fekete bodza 3–6 méter magasra növő cserje vagy fácska (1. ábra). Egyéves ágai zöldek, míg az idősebb ágakat szürke vagy szürkésbarna kéreg borítja. Az ágak felületén paraszemölcsök emelkednek ki. Összetett levelei keresztben átellenesek, nagyok, hosszúságuk elérheti a 40 cm-t is. Az elliptikus levélkének hegyes csúcsúak, fűrészszélűek, fonákjuk fénylő, világoszöld [FÖLDESI, 2000]. Virágzása május közepétől június közepéig tart. Apró virágai sárgásfehér színűek, az ágak végén állnak, tányérszerű, sátorozó bogernyőbe tömörülnek, jellemző illatúak. Termése csonthéjas bogyó, ami fényes, feketés-lila, 6–8 mm átmérőjű, gömbölyű vagy tojásdad alakú. A termések rendszerint csüngő bugákban állnak, ízük savanykás [POKORNY, 2000]. Az ideális fajtán az ernyőnként kötődött bogyók mennyisége 250–810 db, míg a bogyók tömege kb. 0,1 g [PORPÁCZY & PORPÁCZY, 1999; KOVÁCS & TÓTH, 2001].

2.1.3. Termesztési körülmények

A fekete bodza könnyen termesztendő humuszban és nitrogénben gazdag talajban, mely vízhez közeli és pH értéke 6–6,5 körül mozog [FÖLDESI, 2000]. Nehezen él meg azonban az erősen savas vagy lúgos talajban, sekély termőrétegben vagy pangó talajvízben. Termesztés szempontjából igen vízigényes növény, akár 700 mm csapadékra is szüksége lehet, melyet hazánkban öntözéssel biztosítják. Megfelelő öntözés esetén a termésmennyiség akár 5–7 tonnával is növelhető hektáronként. A fekete bodza Magyarországon őshonos növénynek

tekinthető, így számára az itteni éghajlat ideális. A téli fagyokat jól tűri, de a nyári forró napokat kevésbé viseli jól. Hiába kap a talajból elég vizet, néhány nap után a 30–35 °C hőmérséklet hatására fonnyadás jeleit mutathatja, sőt a frissen ültetett cserjék könnyen elszáradhatnak [SIPOS, 2010]. Kifejezetten fényigényes, árnyékkerülő növény. Általában napsütötte helyeken, erdők szélén található meg éppen ebből kifolyólag. Amennyiben a növény nem kap elég fényt, a korona belseje felkopaszodik, a termés a korona külső, fényben gazdagabb részére húzódik. A kevesebb fény egyúttal kisebb bogernyőt, ezáltal kevesebb termést is eredményez [SIPOS, 2010].

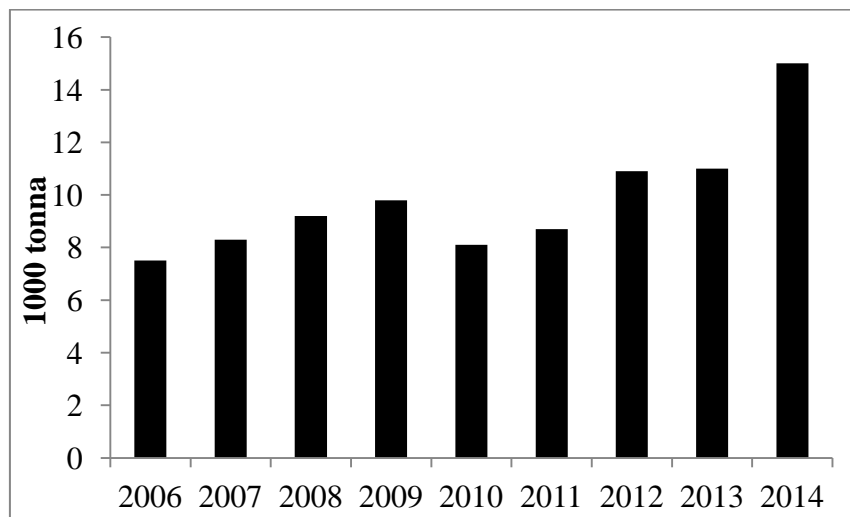


1. ábra. Fekete bodza bokor [saját kép, Nagyvenyim, 2012]

Nemzetközi viszonylatban a fekete bodza termesztése Észak-Amerikában kezdődött a *Sambucus canadensis* faj bevezetésével [PERESZTEGI, 2002], de kisebb területű ültetvényeket több európai országban is találhatunk [FÖLDESI, 2000]. Az európai országok közül Ausztria számít a legnagyobb termesztőnek, de jelentős területen termesztik Németország, Dánia, Svájc és Szlovákia gazdálkodói is [PERESZTEGI, 2002]. Az utóbbi években pedig magyar szakértők segítségével létesítettek kisebb-nagyobb ültetvényeket Szlovákiában, Romániában, Lengyelországban és Szerbia vajdasági területén [SIPOS, 2010]. Az európai országok közül először Dániában kezdtek bodzatermesztéssel és keresztezéses fajta-előállítással foglalkozni 1954-ben, míg osztrák kutatók fektették le a növény termesztésének korszerű tudományos alapjait. 1957–58-ban kezdődött el Ausztriában a fajtakutatás és a termesztés-technológia megalapozása a klosterneuburgi kutatóintézetben. A Duna menti galériaerdők vad állományában

kezdték a szelektációs munkát, melyek közül az egyik legígéretesebb fajta a 'Haschberg' nevet kapta [SIPOS, 2010]. Magyarországon a fekete bodza termesztésbe vonása a hetvenes évek közepén indult el [SIPOS, 2010]. A konzervipari és mélyhűtési célra alkalmas gyümölcsminőségű típusok kiválasztása 1979-ben kezdődött [PORPÁ CZY & LÁSZLÓ, 1984]. A nemesítómunka fő törekvései a késői virágzás, a bő terméshozam és a gyümölcs jó színanyag tartalom elérései voltak. 1995-ben közel 20 000 tonna fekete bodza gyümölcsöt exportáltunk, elsősorban Ausztriába, Svájcba, Németországba, Hollandiába és az Egyesült Államokba. Becslések szerint 1997–98-tól évente a vadon gyűjtöttel együtt 25000–30000 tonna körüli fekete bodza termés került forgalomba, ami az európai országokban kiemelkedő mennyiségnek számít. Az ültetvények területe 1999-től 5–6 év alatt meghaladta a 2500 hektárt [SIPOS, 2010].

Az ültetvénylétesítési kedvnek nagy lendületet adott a Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetemen 1998. december 4-én megrendezett fekete bodza termesztők első országos tanácskozása. A tudományos előadásokon túl az FVM részéről megerősítést nyert, hogy 1999-ben 50%-os állami támogatással lehet majd fekete bodza ültetvényeket létesíteni. Szendi Antal kezdeményezésével 1999. január 14-én 12 fővel megalakult a Bodzatermesztők Értékesítő Szövetkezete (BOTÉSZ). Jelenlegi taglétszám 150 körüli [BOTÉSZ, 2016]. A BOTÉSZ tevékenységének is köszönhetően Magyarországon ugrásszerűen szaporodtak a fekete bodza-ültetvények, az összes terület 2007-re elérte a közel 3000 hektárt. Az ültetvények azonban csak a Haschberg fajtából létesültek [SIPOS, 2010].



2. ábra. Fekete bodza termelésének alakulása az elmúlt években [FruitVeb, 2014]

A későbbiekben az osztrák érdekeltségű Agrana-Juice Magyarország Kft. integrált bodza- és meggytermesztési rendszert hozott létre Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében, melynek keretén belül 2011 őszén megkezdődött a telepítés. A rendszerbe belépett termelők 35 hektár bodzát

ültettek a cég 90 százalékos költségtámogatásával. A FruitVeb tulajdonában lévő termőterületekről származó fekete bodza termelése szinte folyamatosan nőtt az utóbbi években. 2006-hoz viszonyítva az eredményeket, múlt évre közel 50%-kal nőtt meg a termesztett bodza mennyisége (2. ábra) [FRUITVEB, 2014]. A fekete bodza napjainkban válik jelentősebb hazai kultúrnövénnyé. A főbb bodzatermesztő körzetek Heves, Fejér, Szabolcs-Szatmár-Bereg, Bács-Kiskun, Pest, Tolna és Győr-Moson-Sopron megyékben található [SIPOS 2010].

2.2. A fekete bodza beltartalmi értékei

2.2.1. Általános táplálkozás-élettani értékek

A fekete bodza gyümölcse (3. ábra) kiváló forrása az A-provitaminoknak, a C- és a B₆-vitaminoknak, valamint nagy mennyiségben található benne kalcium, vas, szterin, csersav és illóolajok. Ezeket a tulajdonságokat tekintve kiemelkedik a bogyós gyümölcsök közül.



3. ábra. A fekete bodza gyümölcse [saját kép, Nagyvenyim, 2012]

Energiatartalma átlagosnál nagyobbak mondható a gyümölcsök terén, hiszen értéke 229–305 kJ/100 g között mozog [SOUCI *et al.*, 2008; USDA, 2014]. Bogyójában 6,52–18,4 g oldható szénhidrát található 100 g nyers gyümölcsre vetítve, melyek nagy része mono- és diszacharid. VEBERIC *et al.* [2009] meghatározása szerint a bodza bogyójában három fajta cukor fordul elő, melyek közül a glükóz és a fruktóz nagy mennyiségben, míg a szacharóz kisebb mennyiségben van jelen. Szerves savtartalma átlagosan 0,5 g/100 g körül mozog, míg fehérje tartalma 2,5 g/100 g körüli. Ásványi anyag tartalmát tekintve a többi gyümölcshez viszonyítva kiemelkedő értékkel rendelkezik. Rendkívül nagy a kálium- (280 mg/100 g), a foszfor- (39 mg/100 g) és a kalcium-tartalma (38 mg/100 g) [USDA, 2014]. Az aminosav-tartalmának 40–50%-a esszenciális, melyek közül a leucin van nagy mennyiségben jelen 0,06 g/100 g bogyóra vonatkoztatva. Karotin

tartalma sem elhanyagolható, ugyanis 0,36 mg/100 g található a gyümölcsben [SOUCI *et al.*, 2008]. A beltartalomra vonatkozó részletesebb adatokat az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat. A fekete bodza beltartalmi értékei 100 g gyümölcsre vonatkoztatva

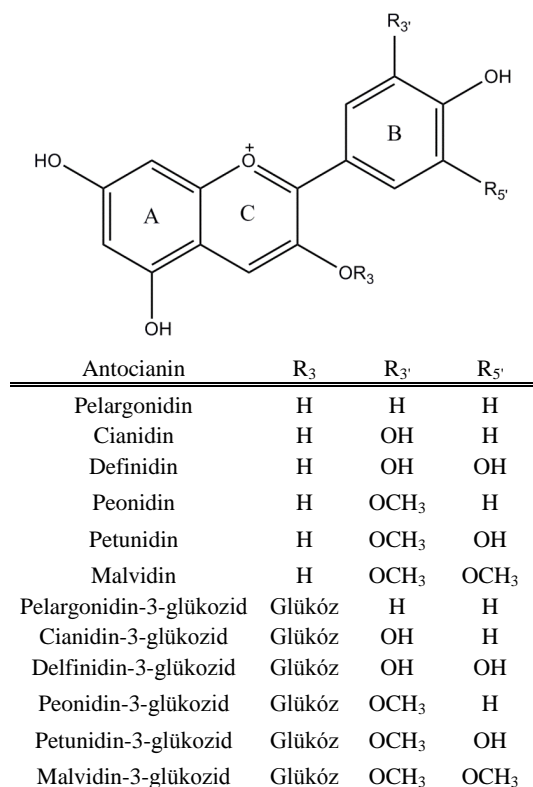
Összetétel	Egység	SOUCI <i>et al.</i> [2008]	USDA [2014]
Átlagos energia	kJ	229	305
	kcal	54	73
víz	g	80,9	79,8
fehérje	g	2,53	0,66
zsír	g	1,70	0,50
oldható szénhidrát	g	6,52	18,40
összes élelmi rost	g	nincs adat	7,0
összes ásványi anyag	g	0,69	nincs adat
nátrium	mg	0,5	6,0
kálium	mg	305	280,0
magnézium	mg	nincs adat	5
kalcium	mg	35	38
foszfor	mg	57	39
karotin	mg	0,36	nincs adat
E-vitamin	mg	0,36	nincs adat
B ₁ -vitamin	mg	65	70
B ₂ -vitamin	mg	78	60
nikotinamid	mg	1,5	nincs adat
B ₆ -vitamin	mg	0,25	0,23
biotin	mg	1,8	nincs adat
C-vitamin	mg	18	nincs adat
folsav	mg	0,017	0,006

USDA: United States Department of Agriculture

2.2.2. Antocianinok rövid bemutatása

2.2.2.1. A molekula általános jellemzése

Az antocianin molekulák a vaszkuláris növények legfontosabb színanyagai, melyek a virágok és termések piros, narancssárga, kék, lila színárnyalatáért felelősek [BROUILLARD, 1982; GOMBKÖTŐ, 1985; PAZMINO-DURÁN *et al.*, 2001; KONCZAK & ZHANG, 2004; LEE & FINN, 2007]. A növények másodlagos anyagcseretermékei, melyeket a növény a pentóz-foszfat ciklusban, a flavonoid és a sikiminsav szintézise útján termeli, melyek a sejtek vakuólumában halmozódnak fel [DE PASCUAL-TERESA & SANCHES-BALLESTA, 2008]. Kémiai besorolásukat tekintve a polifenolos vegyületek közé, a flavonoidok nagy csoportjába tartoznak, vagyis tartalmazzák a flavonoidokra jellemző C₆-C₃-C₆ vázat. Az antocianinok oxigéntartalmú heterociklikus vegyületek, a 2-fenilbenzopirilium kation polihidroxi és polimetroxi származékai [HARBORNE & HALL, 1964; BROUILLARD, 1982]. Szerkezeti felépítésüket tekintve pedig két részből állnak. Alapvázukat az aglikon (más néven antocianidin) adja, mely az 500 nm hullámhossz közeli fény abszorpciójáért felelős elektronrendszert tartalmazza. Az aglikon (4. ábra) tartalmaz egy aromás gyűrűt, mely egy oxigén tartalmú heterociklikus molekulához kötődik, amely egy harmadik aromás gyűrűhöz kapcsolódik szén-szén kötéssel [KONCZAK & ZHANG; 2004]. Az antocianidinekben a flavilium mag közös, egymástól csak az oldallánc fenolos hidroxil csoportjainak és metoxicsoportjainak számában különböznek [ANDERSEN & JORDHEIM, 2006]. A természetben hat leggyakrabban előforduló aglikon a cianidin (50%), pelargonidin (12%), delfinidin (12%), peonidin (12%), petunidin (7%) és malvidin (7%) [GOMBKÖTŐ, 1985; COOPER-DRIVER, 2001; MAZZA *et al.*, 2004; OANCEA & OPREAN, 2011], melyeknek az ehető növényi részekre vonatkoztatott koncentráció megoszlásait a zárójelben feltüntetett százalékos érték mutatja [KONG *et al.*, 2003]. Az antocianidin a természetben mindig glikozid formában van jelen, ebben az esetben antocianinról beszélünk [GOMBKÖTŐ, 1985; WROLSTAD *et al.*, 2005]. A cukormolekulák az aglikon „A” és „C” jelű gyűrűjének 3, 5 és 7 számú szénatomjához egy fenolos hidroxilcsoporton keresztül kapcsolódhatnak, melyek a glikoziláció során nagyobb szerkezeti stabilitást és vízdoldhatóságot biztosítanak az antocianin molekulának. Az antocianinokban leggyakrabban előforduló cukor vegyületek a glükóz, a galaktóz, a xilóz, a ramnóz és az arabinóz [DANGLES *et al.*, 1993]. A három nem metilezett antocianidin (cianidin, delfinidin, pelargonidin) cukorszármazékai a leggyakrabban előforduló antocianinok a természetben, ugyanis 80%-uk színes levelekben, 69%-uk gyümölcsökben és 50%-uk virágokban található meg [DEY & HARBORNE, 1993]. A legszélesebb körben elterjedt antocianin vegyület pedig a cianidin-3-*O*-glükózid [KONG *et al.*, 2003].



4. ábra. A leggyakrabban előforduló aglikonok és antocianin molekulák általános szerkezeti képlete [STINTZING & CARLE, 2004]

Az antocianin színanyagokat nagy mennyiségben tartalmazzák a bogyós gyümölcsök és a vörös szőlő, melyek elsősorban a gyümölcsök héjában található meg, ugyanakkor a gyümölcshúsban is előfordulnak (pl.: eper, cseresznye). Fellelhetők továbbá még a vörösborsban, bizonyos gabonafajtákban, leveles és gyökérzöldségekben (padlizsán, lilakáposzta, hagyma, retek) [CLIFFORD, 2000].

Az antocianinok acilezett formában is megtalálhatók. Az acilezés folyamata során a cukor részhez egy észter kötésen keresztül valamilyen szerves sav kapcsolódik [GIUSTI *et al.*, 1998; CABRITA, 1999; HONDA & SAITO, 2002; STINTZING *et al.*, 2002]. Gyakori acilező fahéjsavszármazékok közé tartozik a kávésav, a *p*-kumársav, a ferulsav és a szinapinsav, valamint az alifás savak közül az ecetsav, az almasav, az oxálsav és a borostyánkősav fordul elő a leggyakrabban [BLOOR, 1997; GONZALES *et al.*, 2001; BLOOR & ABRAHAMS, 2002]. Az acilezett antocianinok előnyei, hogy nagyobb fokú stabilitással rendelkeznek a feldolgozás-technológiai folyamatokkal és a tárolással szemben, mint egyéb növényi pigmentek [INAMI *et al.*, 1996; FOSSEN *et al.*, 1998; HONDA & SAITO, 2002; GIUSTI & WROLSTAD, 2003; CEVALLOS- CASALS & CISNEROS-ZEVALLOS, 2004]. Az acilezett antocianinok

legfontosabb növényi forrásai a fekete répa [TÜRKYILMAZ *et al.*, 2010], a vöröskáposzta [DYRBY *et al.*, 2001] és a piros retek [OTSUKI *et al.*, 2002].

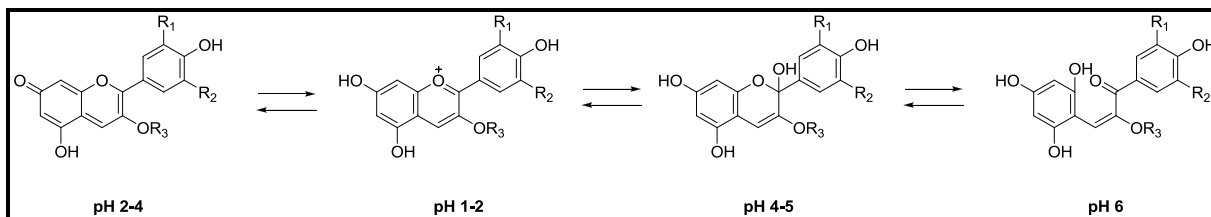
Mindamellett, hogy az antocianinok élettani szerepet töltenek be a növényeknél, fontos elemei az emberi táplálkozásnak is. Emberi szervezetben történő abszorpciójuk nagy részben függ a fogyasztott élelmiszer mátrixától, valamint az aglikon szerkezetétől, a cukormolekula típusától és pozíciójától [SELMA *et al.*, 2009]. Bár felszívódásuk a szervezetben jóval 1% alatti, nagy metabolikus aktivitást mutatnak, melynek antikarcinogén, vírusellenes, gyulladáscsökkentő, valamint immunrendszer stimuláló hatása van, továbbá csökkenti a kapillárisok permeabilitását és törékenységét is. Ugyanakkor a fel nem szívódott molekulák védik a gyomor nyálkahártyáját az oxidatív sérülések ellen, ezáltal késleltetik a gyomor- és vastagbélrák kialakulását [CLIFFORD, 2000; REED, 2002; ROSS & KASUM, 2002; LIU *et al.*, 2005]. Ezenkívül a szív- és érrendszeri megbetegedések megelőzése szempontjából is jótékony vegyületeknek bizonyultak [GARCIA-ALONSO *et al.*, 2004; JENNINGS *et al.*, 2012; CASSIDY *et al.*, 2013]. Az antocianinok táplálkozás-élettani hatásában, jelentős részben az emberi emésztőrendszerben (vastagbélben) jelen lévő mikrobióta közösség által, az antocianinokból létrehozott anyagcseretermékeknek lehet kulcsszerepe [DEL RIO *et al.*, 2013; FANG, 2014].

2.2.2.2. Stabilitás

Az antocianinok szerkezetileg instabil molekulák, stabilitásukat számos tényező befolyásolja. Ilyen például az antocianinok koncentrációja, pH, hőmérséklet, fény, oxigén, továbbá az enzimek, flavonoidok, fehérjék, fémionok jelenléte [BAKOWSKA *et al.*, 2003; STINTZING *et al.*, 2002; REIN, 2005; PATRAS *et al.*, 2010]. Kimutatták, hogy az oldószernek és az antocianin koncentrációjának is hatása van a stabilitásra, ugyanis különböző jellegű oldószerben oldva a szintetikus flaviliumsó megváltoztatja a színét [ILTO *et al.*, 2002]. Protikus oldószerben piros színű a flaviliumsó, míg aprotikus oldószerben sárga. Ezt a jelenséget azzal magyarázták, hogy a piros szín a monomer, a sárga szín a dimer molekuláknak felel meg, vagyis abban az esetben, amikor nő a flaviliumsó koncentrációja, a piros szín lesz domináns [CASTAÑEDA-OVANDO *et al.*, 2009].

Az antocianinok stabilitását leggyakrabban azonban a közeg pH értéke befolyásolja, ugyanis a pH értéktől függően változik a molekula kémiai szerkezete (5. ábra). pH 1 értéken a flavilium kation az uralkodó forma, amely a piros és a lila színek kialakításáért felelős, míg pH 2 és 4 értéken a kék színt adó kinoidális forma van jelen. pH 5–6 értéken a szintelen karbinol pszeudobázis és a halványsárga színű kalkon vegyületek jelenléte a jellemző. 7-es pH értéken

azonban az antocianinok degradációt szenvednek [DA COSTA *et al.*, 1998; COOPER-DRIVER, 2001; MAZZA *et al.*, 2004; RODRIGUEZ-AMAYA, 2016].



5. ábra. Antocianinok szerkezetének változása a pH hatására. R_1 és R_2 = metil-csoport és H, R_3 = H vagy szacharid [RODRIGUEZ-AMAYA, 2016]

KIRCA *et al.* [2007] szignifikáns stabilitási csökkenésről számolt be fekete répa antocianinjai esetében pH 5 érték fölött, míg SUI *et al.* [2014] fekete rizs esetében mutatta ki, hogy a pH érték növekedésével csökken a cianidin-3-*O*-glükózid és a cianidin-3-*O*-rutinózid stabilitása vizes közegben.

Az antocianin degradációs folyamataiban az oxigén is fontos szerepet játszik. Jelenléte felgyorsíthatja a bomlást akár közvetlen oxidatív mechanizmussal, akár az oxidáló enzimek által [STARR & FRANCIS, 1968; KADER *et al.*, 1999]. Az oxidáló enzimek tevékenysége elszínteleníti az antocianin molekulákat, ilyen a glikozidáz (antocianáz) és a polifenoloxidáz enzim. A glikozidázok okozta színanyagbomlás két lépésben játszódik le. Az enzim először az antocianint antocianidinre és cukorra hidrolizálja, majd a cukor leválasztása miatt következik be a destabilizált antocianidin spontán lebomlása. A glikozidázok szubsztrátspecifikussága különböző, de aktivitásukat az aglikon mennyisége nem befolyásolja, mely pH 3–5-értéken maximális. A polifenoloxidázok pirokatechint vagy más orto-hidroxifenol jelenlétét is igénylik, maximális aktivitásukat pH 6–7-értéken érik el. A polifenoloxidáz először a pirokatechint ortokinonná oxidálja, majd az antocianint szintelen terméké alakítja [GOMBKÖTŐ, 1985; KADER *et al.*, 2002].

A hőmérséklet növekedésével az antocianinok degradációját elsőrendű kinetika jellemzi [PALAMIDIS & MARKAKIS, 1978; GOMBKÖTŐ, 1985; CEMEROGLU *et al.*, 1994; KIRCA *et al.*, 2007; VERBEYST *et al.*, 2010]. A degradáció során a molekula heterociklusos gyűrűje felnyílik, majd barna színű kalkon vegyület jön létre, mely oldhatatlan polifenollá degradálódik. [GOMBKÖTŐ, 1985]. Izoterm és nem izoterm körülmények között a bomlási sebesség függ az antocianinok szerkezetétől, összetételétől, kémiai-fizikai tulajdonságaitól és más fenol- és szervessavak jelenlététől [PATRAS *et al.*, 2010]. Számos tanulmány foglalkozik világszerte különböző gyümölcsökben található színanyagok hőstabilitásával. Szeder és eper pürék esetében a cianidin-3-*O*-glükózid és pelargonidin-3-*O*-glükózid tartalom jelentősen lecsökkent 2 órán át

tartó 70 °C-os hőkezelés hatására [PATRAS *et al.*, 2009], míg RHIM [2002] és KIRCA *et al.* [2006] kutatásai alapján a feketerepa antocianinjai viszonylag stabilnak bizonyultak 70, 80 és 90 °C-on. Ez a tény feltehetően annak köszönhető, hogy a feketerepa acilezett antocianinokat tartalmaz [STINTZING *et al.*, 2002], melyek nagyobb stabilitást mutatnak a nagy hőmérséklettel szemben, mint a nem-acilezett molekulák [CEVALLOS-CASALS & CISNEROS-ZEVALLOS, 2004; SADILOVA *et al.*, 2006].

A tárolási körülmények is hatással vannak a pigmentek stabilitására. A fény jelenléte katalizálja az antocianinok degradációját, ugyanakkor sötétben tárolva megtartják színüket [KEARSLEY & RODRIGUEZ, 1981]. A tárolási idő okozta degradáció – vélhetően a mikrobiális és/vagy endogén enzimaktivitás változás miatt– szorosan összefügg a tárolási hőmérséklettel, ugyanis málnapüré esetében a 60 napos tárolási kísérlet során, a 40. nap elteltével már elveszítette a püré színanyagainak nagy részét 37 °C-on tárolva, míg a 4 °C-os tárolás következtében a 60. napon sem következett be számottevő színváltozás [OCHOA *et al.*, 1999].

Fekete ribiszke esetében kimutatták, hogy mind lé, mind sűrítmény formájában ajánlott a 4 °C-on történő tárolás, ugyanis a monomer antocianinok felezési ideje a hőmérséklet emelkedésével jelentősen csökken, ugyanakkor az összes polifenol és összes antioxidáns kapacitás meglehetősen stabilnak bizonyult nagyobb hőmérsékleten is [WUERTH *et al.*, 2009]. Hasonló tendenciát figyeltek meg a szamóca pigmentjeinek bomlásában is [GARZON & WROLSTAD, 2002].

Az elektronhiányos antocianin molekula érzékenyen reagál a növényekben és élelmiszerekben előforduló vegyületek nukleofil támadására is. Egyik ilyen fontos, nukleofil reakcióra képes vegyület a C-vitamin, ami a gyümölcsök, borok, és tartósított élelmiszerek antocianin színanyagainak bomlását gyorsítja. A bomlás az aszkorbinsav- és oxigénkoncentráció növekedésével arányosan növekszik [STARR & FRANCIS, 1968; POEI-LANGSTON & WROLSTAD, 1981; NIKKHAH *et al.*, 2010]. A bomlás oka az aszkorbinsav autooxidációjakor képződött hidrogén-peroxid oxidáló hatása, valamint az antocianin és a különböző vegyületek reakciója során létrejött kondenzációs termékek képződésével lehet magyarázni [GOMBKÖTŐ, 1985]. Vizsgálatok szerint a meggy nektár, a szamóca és a gránátalma gyümölcslevek közül, a meggy antocianin molekulái a legellenállóbbak a hidrogén-peroxidos kezelésnek, míg a gránátalma- és a szamóca antocianinjai kevésbé. A hidrogén-peroxidos kezelés azonban aszkorbinsavval kombinálva szignifikánsan gyorsítja a degradációt a meggy esetében, ezzel szemben a gránátalma lénél [ÖZKAN *et al.*, 2002] és a fekete bodza lénél [KAACK & AUSTED, 1998] az aszkorbinsav védi az antocianinokat.

Az antocianinok elszíntelenedését okozza a kénsavas kezelés is [GOMBKÖTŐ, 1985; WROLSTAD 2000], melynek során reverzibilis reakció játszódik le a szulfit és az antocianin molekula között. Ennek eredményeként pedig szintelen szulfonát addukt képződik. Ezt a jelenséget malvidin-3-*O*-glükózid molekula esetében mutatta ki BERKE *et al.* [1998].

Azok az aglikonok, amelyek a B gyűrűben *O*-di-hidroxil csoporttal (cianidin, delfinidin, petunidin) rendelkeznek, képesek megkötni egyes fémionokat, az így létrejövő antocianin-fém komplex pedig nagyobb színstabilitást biztosít az antocianin molekulának [BOULTON, 2001]. Néhány növény kék színét az antocianin molekulák Al, Fe, Cu és Sn [STARR & FRANCIS, 1973], valamint Mg vagy Mo [HALE *et al.*, 2001] fémekkel alkotott komplexei adják.

Az antocianinok stabilitását befolyásolja továbbá a vízaktivitás és a cukortartalom mértéke is. Tanulmány bizonyítja, hogy a vízaktivitás csökkenésével növekszik a színanyagok stabilitása [WROLSTAD, 2000]. A nagy cukor koncentráció pedig protektív jelleget biztosít a molekulának, mely hatás vélhetően az alacsonyabb vízaktivitásnak köszönhető [WROLSTAD *et al.*, 1990].

2.2.2.3. Analitikai meghatározás

Az antocianinok analitikai meghatározását alapvetően három csoportba tudjuk osztani aszerint, hogy mi az analízis célja.

Az első nagy csoportot az összes antocianin tartalmat mérő módszerek adják, melyek során a mintában található összes antocianin vegyület együttes meghatározása történik. 1960 óta a legszélesebb körben használt spektrofotometriás mérés a pH differenciális módszer. Ez a módszer a monomer antocianinok meghatározására szolgál, melynek alapját az adja, hogy a monomer molekuláknak reverzibilisen változik a színük a pH érték módosításával. A piros színt adó oxónium forma pH 1-en, míg a szintelen hemiketál forma 4,5-ös pH értéken mérhető, míg a polimer szerkezetű antocianinok megtartják színüket pH 4,5 értéken. Az 520 nm hullámhosszon mért abszorbancia eredmények különbsége pedig arányos a pigmentek koncentrációjával. Az összes monomer pigment koncentráció kiszámolható a leggyakrabban előforduló antocianin molekula moláris tömegének és extinkciós koefficiensének vagy moláris abszorbancia értékének figyelembevételével. Általában a számolt eredményeket mg cianidin-3-glükózid/l egyenértékben (CGE) adják meg [MAZZA *et al.*, 2004; LEE *et al.*, 2005]. A pH differenciális módszer egy egyszerű, gyors és pontos meghatározási eljárása az összes monomer antocianinok koncentrációjának [LEE *et al.*, 2005].

A második csoportba tartozó módszerekkel előre kiválasztott minőségű és mennyiségű antocianin alkotót kívánunk meghatározni a mintából, mely módszereket együttesen

célkomponens módszereknek nevezzük. Ebbe a csoportba tartozik a nagy hatékonyságú folyadékromatográfia (HPLC), melyet az 1970-es évektől kezdve alkalmaznak antocianin molekulák meghatározására [MAZZA *et al.*, 2004].

A harmadik csoportot a profilozó vagy screening módszerek adják, melyek az előre meg nem határozott alkotók jelenlétét monitorozzák. A vizsgálatnak alkalmasnak kell lennie már ismert, ugyanakkor előzetesen nem definiált antocianin alkotók kimutatására is.

Az antocianinok molekuláris szintű meghatározásának céljából elvégzett minta-előkészítési lépéssel általában egy híg oldatot készítünk el, amely fontos, hogy nem járhat anyagvesztéssel. Ehhez szükséges műveletek az oldás, esetleg feltárás vagy a zavaró komponensek előzetes elválasztása. A leggyakrabban alkalmazott módszer a flavonoid komponensek kioldására a mintából, beleértve az antocianinokat is, az oldószeres extrakció. Általában az extrakciót megelőzi a növényi minta szárítása, liofilezése, aprítása, homogenizálása vagy oldószeres áztatása [MERKEN & BEECHER, 2000]. Az antocianin molekulák poláris tulajdonsága miatt a legszélesebb körben alkalmazott extrahálószer a metanol és az etanol, esetleg az acetone víz elegyei [KÄHKÖNEN *et al.*, 2001]. Az antocianinok stabilitásának megőrzése, valamint az extrakció hatékonyságának növelése érdekében célszerű 1–5% hangyasavat vagy ecetsavat tenni a kivonószerhez. Abban az esetben, ha erős savat (pl. sósav) adagolunk, könnyen bekövetkezhet a molekula hidrolízise, melynek eredményeképpen nem lehetünk biztosak abban, hogy az adott aglikont a minta már eleve tartalmazta vagy a hidrolízis következtében detektáltuk [HONG & WROLSTAD, 1990; GAO & MAZZA, 1994; PRIOR *et al.*, 2001; CASTAÑEDA-OVANDO *et al.*, 2009]. Az extrakciós oldószerek közül a leghatékonyabbnak a metanol bizonyult [KAPASAKALIDIS *et al.*, 2006], még hozzá 60 V/V%-ban [KÄHKÖNEN *et al.*, 2001]. Az élelmiszeripar azonban inkább az etanolos kinyerést preferálja a metanol toxicitása miatt. Az oldószeres kinyerésen kívül a szilárd-fázisú extrakció (SPE) is használatos az antocianinok kivonásához [DONNER *et al.*, 1997; BRENES *et al.*, 2000].

A növények saját, jellegzetes antocianin profillal rendelkeznek, melynek pontos detektálása a fajták megkülönböztetésére is alkalmas lehet. Ez főleg abban az esetben igaz, amennyiben mennyiségi eltérésről beszélünk [STEWART *et al.*, 1979]. Ezen különbségek kimutatására régebben a papírkromatográfia volt a leggyakrabban alkalmazott módszer, ám időigényessége és a bonyolult kvantitatív meghatározás miatt manapság a nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiát használják az egyes antocianin molekulák elválasztására a legelterjedtebben [HONG & WROLSTAD, 1990; DE RIJKE *et al.*, 2006; VALLS *et al.*, 2009]. Ezen kívül a kapilláris elektroforézis módszere is hatékonynak bizonyult számos tanulmányban

nagy elválasztási hatékonysága, kevés idő-, minta- és oldószerigénye miatt [SÁENZ-LÓPEZ *et al.*, 2003; MAZZA *et al.*, 2004; VALLS *et al.*, 2009].

A HPLC technika esetében általában fordított fázisú C18-as oszlopot alkalmaznak az antocianin molekulák elválasztására 2,1– 5 mm belső átmérővel, ahol a szemcseátmérő 3–5 µm-ig terjed. A leggyakrabban alkalmazott elválasztási eljárás a bináris gradiens elúció, ahol általában a szerves fázis a metanol vagy az acetonitril. Az eluensek többsége tartalmaz valamilyen szerves savat (hangyasav, ecetsav, trifluoecetsav stb.), melyek elősegítik az alacsony pH érték biztosításával a flavilium kation stabilitását [MAZZA *et al.*, 2004; HARNLY *et al.*, 2007; CASTAÑEDO-OVANDO *et al.*, 2009; VALLS *et al.*, 2009]. Fordított fázisú folyadékkromatográfia esetén az antocianinok sorrendje a hidroxilcsoportok számának és a metoxilezés fokának függvénye, vagyis minél polárisabb az adott molekula, annál hamarabb eluálódik az oszlopról. Ennek alapján először a 3,5-diglikozid, majd a 3-monoglikozid, az aglikon, végül az acilezett antocianin molekula fog jelet adni a detektorban. A hat leggyakrabban előforduló aglikon vegyületre a következő elúciós sorrend állítható fel: delfinidin, cianidin, petunidin, pelargonidin, peonidin és malvidin [HEBRERO *et al.*, 1988; GAO & MAZZA, 1994; VERSARI *et al.*, 1997; TAKEOKA & DAO, 2008].

A fordított fázisú HPLC technikák kiválóan alkalmasak flavanol-3-dimer és monomerek elválasztására, azonban számos korlátozó tényező lép fel az oligomerek (DP>3) esetében. Mivel az izomerek száma növeli a polimerizáció mértékét, a nagy polimerizációs fokú oligomerek, mint a proantocianinok egy nagy összefüggő csúcsként együtt eluálódnak a C18-as oszlopról. Ennek megoldására számos módszert fejlesztettek ki, mint például a normál fázisú HPLC technika, melynek során egy szilikagél alapú kolonna és egy szerves mozgófázis a proantocianinok hatékony elválasztását teszi lehetővé [LAZARUS *et al.*, 1999; VALLS *et al.*, 2009].

A folyadékkromatográfias módszerek esetén számos detektálási lehetőséggel találkozhatunk. Ezek közül legelterjedtebb az UV-Vis detektor, hiszen az antocianin molekulák rendelkeznek olyan gyűrűvel, melynek a látható fény adott tartományában elnyelési maximuma van. Az aglikonok elnyelési maximumát az oxigén molekulák száma növeli, míg a metiláció és a glikolizáció foka pedig csökkenti [MARKHAM, 1982]. A diódasoros detektorok (DAD) lehetőséget nyújtanak az antocianin profil felvételéhez, azonban nem képesek a hasonló spektroszkópiai tulajdonsággal rendelkező, együtt eluálódó vegyületek megkülönböztetésére, ezért a komponensek strukturális azonosítása ezzel a módszerrel korlátozott [VALLS *et al.*, 2009]. A megerősítő analízis érdekében ezért komolyabb műszerezettségre van szükség. Napjainkban a tömegspektrometria (Mass Spectrometry, MS) a legkorszerűbb detektálási technika, melyet az antocianinok analitikájában több célból is alkalmaznak, mint például

szerkezeti azonosításra [HILLEBRAND *et al.*, 2004; WU & PRIOR 2005; LEE *et al.*, 2013; MIKULIC-PETKOVSEK *et al.*, 2014], polimerizáció és más flavonoidokkal történő reakciók vizsgálatára [REMY-TANNEAU *et al.*, 2003; VIDAL *et al.*, 2004]. A HPLC-MS kapcsolás során a HPLC-ből érkező folyadék mintát először el kell párologtatni, majd a gázfázisú ionos részecskéket kell létrehozni, amelyek az analizátoron keresztül jutnak a detektorba. A minta elpárologtatását és a töltött részecskék létrehozását az ionforrások végzik, melyek közül antocianinok meghatározása során pozitív módban működő ESI (ElectroSpray Ionization) a legelterjedtebb [VALLS *et al.*, 2009], ugyanakkor a FAB (Fast Atom Bombardment) és MALDI (Matrix Assisted Laser Desorption Ionization) deszorpciós ionizációs technikákat is gyakran alkalmazzák antocianinok vizsgálatánál [MAZZA *et al.*, 2004].

2.2.2.4. A fekete bodza színanyag tartalma

A *Sambucus nigra* gyümölcse elsősorban nem acilezett cianidin-alapú színanyagokat tartalmaz, melyek közül legnagyobb mennyiségben a cianidin-3-*O*-glükózid és a cianidin-3-*O*-szambubiozid van jelen. Ezekon kívül a cianidin-3-*O*-glükózid-5-*O*-szambubiozid és a cianidin-3,5-diglükózid koncentrációja is jelentős, továbbá minor komponensként a cianidin-3-*O*-rutinozid, a pelargonidin-3-*O*-glükózid és a pelargonidin-3-*O*-szambubiozid is megtalálható a fekete bodza gyümölcsében [HONG & WROLSTAD, 1990; DAWIDOWICZ *et al.*, 2006; KAACK *et al.*, 2008; VEBERIC *et al.*, 2009]. MIKULIC-PETKOVSEK *et al.* [2014] tanulmányában összesen 19 antocianin komponenszt azonosítottak négy bodza fajban és nyolc hibridben.

A fekete bodza antocianin tartalmát több szempont szerint, számos tanulmány vizsgálta. A nyers bogyók összes színanyag tartalmát tekintve igen eltérőek a mért adatok, ugyanis a friss gyümölcs tömegére vetítve VEBERIC *et al.*, [2009] szerint 600–1265 mg CGE/100 g, KAACK & AUSTED [1998] mérései alapján 660–1820 mg CGE/100 g, MIKULIC-PETKOVSEK *et al.* [2014] adatai szerint 20–835 mg CGE/100 g, LEE & FINN [2007] szerint 170–343, míg STÉGER-MÁTÉ *et al.* [2006] szerint 290–1140 mg/100 g tartományban mozognak az eredmények. A nagy variabilitás feltehetően több tényezőtől eredhet, mint például a fekete bodza fajtája, érettségi állapota, termesztési körülményei.

A *Sambucus nigra* fajon belül az egyes fajták antocianin profiljukban is különbözőek, mely profilt figyelembe kell venni a feldolgozás-technológia alkalmazásakor és a gyümölcs egészségre gyakorolt hatásánál is [MIKULIC-PETKOVSEK *et al.*, 2014]. A profilok különbözőségét az egyes antocianin molekulák eltérő koncentrációja adja, melyet a 2. táblázat szemléltet a négy leggyakrabban mért komponens esetén.

2. táblázat. A *Sambucus nigra* nemzetség legnagyobb mennyiségben található antocianin komponenseinek koncentrációi (mg/100 g friss tömeg)

CyG	Cy2G	Cy3G	Cy3,5dG	Referencia
131–1266	269–656	14–42	5–36	KAACK & AUSTED [1998]
740	546	83	nincs adat	WU <i>et al.</i> [2004]
204–489	122–269	16–59	8–20	LEE & FINN [2007]
221–586	270–630	19–53	7–23	VEBERIC <i>et al.</i> [2009]
190	344	42	6	MIKULIC-PETKOVSEK <i>et al.</i> [2014]

CyG: cianidin-3-*O*-glükózid, Cy2G: cianidin-3-*O*-szambubiozid, Cy3G: cianidin-3-*O*-glükózid-5-*O*-szambubiozid, Cy3,5dG: cianidin-3,5-diglükózid.

A fekete bodza nagy antocianin tartalma miatt kiválóan alkalmas lehet az élelmiszeriparban használt mesterséges színezékeknek kiváltására [BRONNUM-HANSEN *et al.*, 1985; JAKOBEK *et al.*, 2007; VEBERIC *et al.*, 2009].

2.3. A gyümölcsök érési folyamata

Az gyümölcsök fizikai és kémiai tulajdonságai a megérésük idejétől és érettségük fokától függenek. Érettnek akkor mondjuk a gyümölcsöt, amikor benne az összes alkotórészek a legkedvezőbb arányban találhatók meg, vagyis amikor a gyümölcs a legzamatosabb. Ilyenkor a gyümölcs már megszínesedik, illata is teljesen kifejlődik, s ebben az állapotban nyersen való fogyasztásra a legalkalmasabb. A gyümölcsök érését, fejlődését több szakasz jellemzi, mint a növekedés, az érés-utóérés, öregedés és elhalás fázisa [HÁMORINÉ, 1974], melyeket genetikai, hormonális és egyéb tényezők (környezet, technológia, gyümölcs elhelyezkedése a fán) befolyásolják [KÁLLAY *et al.*, 2010]. Az egyes fejlődési fázisok időtartamát és a gyümölcs élettartamát a különböző gyümölcsfajták és fajok örökletes tulajdonságai határozzák meg. A genetikailag rögzített tulajdonságok a környezeti és természetesi tényezőkkel együttesen befolyásolják a gyümölcs érését és minőségét [HÁMORINÉ, 1974]. Az érés során számos fizikai és kémiai változás megy végbe, melyeknek eredményeképpen a gyümölcs húsa puhul, a héj és a hús színe megváltozik, édesedik, lédússá, vagyis fogyasztásra alkalmassá válik. A gyümölcsöket – a botanikai osztályozáson kívül – többféle csoportba oszthatjuk. Például megkülönböztethetünk fán beérő és utóérő gyümölcsöket. A fán beérő gyümölcsök az anyanövényen érik el a fogyasztásra alkalmas állapotot, onnan elválasztva rövid időn belül megromlanak (pl. bogyósok, csonthéjasok). Az utóérő gyümölcsökre az jellemző, hogy az érés kezdeti, meghatározott szakaszában leszedve szintézisre képesek: megérnek és több-kevesebb idő után fogyasztásra alkalmassá válnak (pl. alma, körte, citrusfélék, banán stb.). A

gyümölcsöket továbbá légzésük és etiléntermelésük alapján is csoportosíthatjuk. Klimakterikus gyümölcsnek nevezzük azokat, amelyek fejlődésük folyamán etilént termelnek (pl. alma, körte, őszibarack, kajszli), a nem klimakterikus gyümölcsök pedig nem termelnek etilént (pl. bogyósok, cseresznye, citrusfélék) [BIALE, 1960].

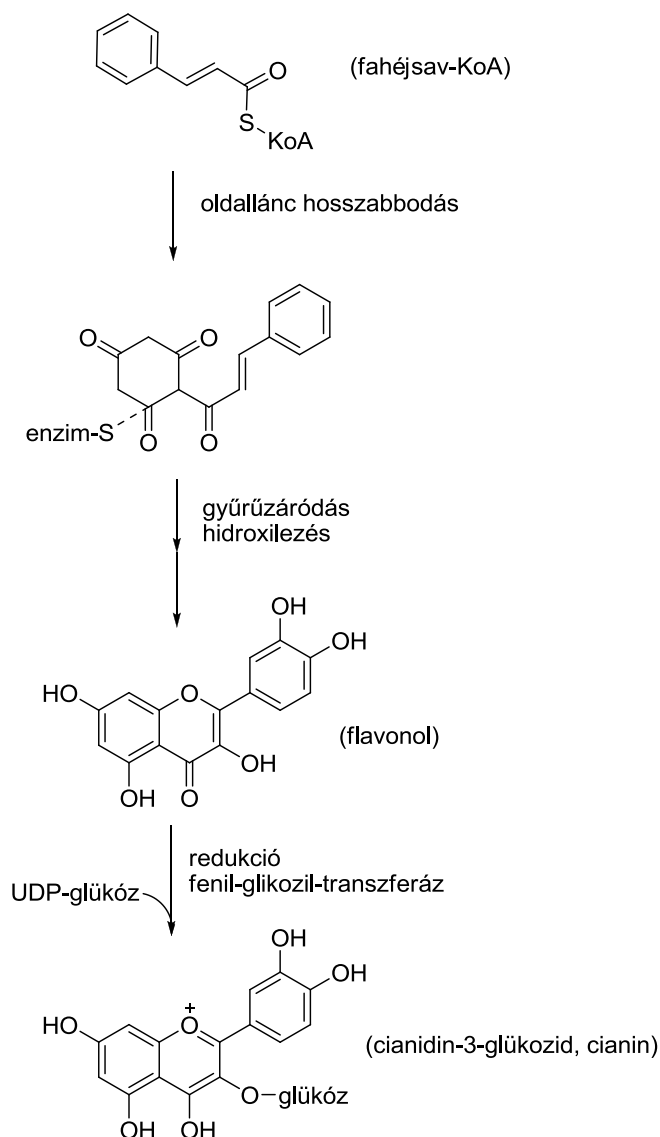
3. táblázat. A gyümölcs érésére jellemző építő és lebomló folyamatok [BIALE & YOUNG, 1981]

Lebomlási folyamatok	Szintézis folyamatok
Kloroplasztiszok szétesése	Mitokondriumok stabilitása
Klorofill-lebomlás	Karotinoid- és antocianin képződés
Keményítő hidrolízise	Cukrok átalakulása
Savak lebomlása	Krebs-ciklus aktivitásának növekedése
Légzési szubsztrátok oxidációja	Növekvő ATP-képződés
Fenolvegyületek inaktiválódása	Illó- és zamatanyagok képződése
Pektinanyagok oldódása	Fehérjeszintézis növekedése
Hidrolitikus enzimek aktiválódása	Etilénképződés útjainak kialakulása
Sejthártyák áteresztőképességének javulása	Sejthártyák szemi-permeabilitásának megmaradása
Etilén indukálta sejtfalpuhulás	

A gyümölcsök érése során egymással szoros összefüggésben játszódnak le építő és bontó jellegű folyamatok (3. táblázat). A lezajló folyamatok ugyan nem teljesen azonosak valamennyi gyümölcsben, de alapvető vonásaik hasonlóak [LÁSZTITY, 1981].

Az alábbiakban az érés során bekövetkező legfontosabb kémiai és fizikai változásokat gyűjtöttem össze:

Színváltozások: az érés egyik jellemző folyamata a legtöbb gyümölcsben a klorofill lebomlása szintelen vegyületekké. Egyes esetekben a színváltozást az intenzíven növekvő karotinoid koncentráció okozza, míg máskor az alig változó karotinoid tartalom ellenére is megváltozik a szín, mivel a klorofillbomlás teljes. Mindeközben nő az antocianinok, a polifenolok, az íz- és aromaanyagok bioszintézise [TREUTTER, 2001]. A gyümölcsben képződő antocianinok szintézisének kiinduló vegyületei valószínűleg a zsendülést megelőző időszakban a magban felhalmozódott procianidinek [PIRIE & MULLINS, 1980]. Az antocianin szintézis során képződő különféle antocianidin vegyületek adják a gyümölcsök kékes-pirosas színét. A gyümölcsökben legnagyobb mennyiségben előforduló cianidin-3-O-glükozid szintézisét a 6. ábra mutatja.



6. ábra. A cianidin-3-*O*-glükozid bioszintézisének elvi vázlata [GOMBKÖTŐ, 1985]

AWAD *et al.* [2001] különböző almafajták vizsgálata esetén kimutatta, hogy a cianidin-3-*O*-galaktozid mennyisége viszonylag nagy volt a korai érési fázisban, ugyanakkor csökkenő és növekvő szakaszokat is megfigyelt az érés későbbi szakaszaiban. Más tanulmányokban folyamatosan növekvő antocianin koncentrációról számoltak be az érés alatt cseresznye [SERRANO *et al.*, 2005], málna [KRÜGER *et al.*, 2011], meggy [FICZEK, 2012] és szamóca esetében [PINELI *et al.*, 2011; MAZUR *et al.*, 2014]. Ugyanakkor, kevés tanulmány áll rendelkezésre a fekete bodza érési folyamata során alakuló színanyag koncentrációjáról [KAACK, 1990; LEE & FINN, 2007]. Színező élelmiszerként történő felhasználásának lehetőségét azonban jelentősen befolyásolhatja az érettségi állapot.

A pektintartalom változása: a gyümölcsök érésének jellemző folyamata a konzisztencia változása, ami összefüggésben áll azokkal a sejtfalakban lejátszódó folyamatokkal, amelyek a gyümölcsök mechanikai szilárdságának biztosításában játszanak fontos szerepet. A legtöbb

kutató a sejtfal poliszacharid alkotórészei (cellulóz, pektin és hemicellulózok) közül a pektinek változását tartja döntőnek az érés és a tárolás alatti konzisztencia változás szempontjából [LÁSZTITY, 1981]. A pektin a sejt és a gyümölcs vízszabályozó központja, kolloid természete és vízmegkötő képessége által. A pektinanyagoknak tulajdonítható a sejtfalak rugalmassága, vagyis a pektinek minőségi és mennyiségi változása a sejtfal szerkezet változását eredményezi [MASSIOT *et al.*, 1994; WALDRON *et al.*, 2003]. A gyümölcsök hússzilárdsága az érés és az öregedés folyamán csökken, a vízben oldható pektintartalom aránya növekszik, a gyümölcs puhul.

A sav-cukor arány változásai: az érési folyamat jellegzetes változása a gyümölcsökben a savtartalom csökkenése és a cukortartalom növekedése. A gyümölcsökben található cukrok legnagyobb részét a mono- és a diszacharidok alkotják, vízoldható szárazanyag tartalommal jól jellemezhető a mennyiségük. Az összes cukortartalom nő az érés folyamán, ezen belül azonban az egyes cukorfélék fajra és fajtára jellemző módon változnak. Az összes savtartalom az érés és utóérés folyamán csökken. A savak mennyiségi változásai, főleg azok cukortartalomhoz viszonyított aránya ízt befolyásoló tényező [HÁMORINÉ & VÁRADINÉ, 1990; HARKER *et al.*, 2002; HECKE *et al.*, 2006]. Gyümölcslé-előállítás céljából termesztett gyümölcsök (pl.: szőlő, alma, barack) esetén a vízoldható szárazanyag tartalom a gyümölcslé egyik fontos értékmérő tulajdonsága. Ezen kívül az általános gyakorlat szerint a termesztők számára előrejelzik az érettségi (szüretelhetőségi) állapotot. Bodzagyümölcs esetén szintén fontos értékmérő tulajdonság, hiszen meghatározza a bodzasűrítmény gyártásának gazdaságosságát, ugyanis az élelmiszerek színezésére szánt fekete bodza gyümölcsöt legtöbbször sűrítmény formájában használják fel, melynek fontos minőségi kritériuma a nagy antocianin tartalom mellett a nagy szárazanyag tartalom is [KAACK, 1990]. Ezek alapján minél nagyobb egy adott gyümölcs szárazanyag tartalma, annál kevesebb vizet szükséges elpárologtatni a technológia során a kívánt koncentrátum eléréséhez, vagyis annál nagyobb értéket képvisel.

Víz és ásványi sók változása: a gyümölcs a vizet és az ásványi sókat az anyanövénytől kapja. A vízfelvétel különösen a növekedés második szakaszában, a sejtmeignyulás idején intenzív, ekkor igényli a gyümölcs a legtöbb vizet. Ebben az időszakban a kedvezőtlen vízellátás vagy hosszan tartó szárazság a gyümölcs vízvesztését, deformálódását idézheti elő és az anyagcserére is káros. Az érés alatti túlzott vízellátás viszont kedvezőtlenül hat a gyümölcs ízére, szöveti felépítésére, szállíthatóságára és a tárolhatóságára. A bogycs gyümölcsök különösen érzékenyek a vízellátás változásaira, pl. cukortartalmuk erősen csökken a nagy víztartalom esetén. Az érés alatti száraz időjárás viszont növeli a cukortartalmukat, különösen, ha előzőleg megfelelő volt a vízellátás. A gyümölcs víztartalma befolyásolja a szövetekben végbemenő biokémiai folyamatok intenzitását és irányát is. A nagy víztartalom a keményítőszintézist

serkenti, a szárazság pedig a keményítő hidrolízisét, a cukortartalom gyarapodását [HÁMORINÉ & VÁRADINÉ, 1990].

2.4. A fekete bodza élelmiszeripari feldolgozásának lehetőségei

A bodzabogyó felhasználásának két fő irányát említhetjük meg, mely a gyümölcsstermékek, valamint a természetes élelmiszer-színezék előállítását foglalja magába.

2.4.1. Fekete bodza termékek előállítása

A fekete bodza gyümölcsét általában nyersen nem fogyasztjuk, kizárólag valamilyen feldolgozott formában kerül a fogyasztók asztalára. A bodza feldolgozása során félkész- és késztermékeket állítanak elő, melyek közül a legfontosabb gyümölcs-félkésztermékek a gyümölcsvelő és a sűrítmény [SIPOS, 2010]. A gyümölcsből előállított félkésztermékek olyan készítmények, melyek nem közvetlenül kerülnek fogyasztásra, csak saját vagy más élelmiszeripari ágazatban történő továbbfeldolgozás után [HORVÁTH, 2007a]. A velőből és sűrítmenyből előállított késztermékek közé tartoznak a lekvárfélék, ízek, dzsemek, de készülnek belőlük ipari lekvárkészítmények is, amelyeket más társiparágak használnak fel, például fagylaltok, joghurtok vagy sütőipari tésztakészítmények alkotóiként. Velőből készül még továbbá 50%-os gyümölchányadú rostos nektár, gyümölcsital, szörp, mártás, szósz esetenként más gyümölcsökkel kombinálva. Tükrösre szűrt sűrítményeket pedig italok, levek, szörpök, zselék, valamint instant porok előállításánál használják fel [STÉGERNÉ, 2010].

2.4.1.1. Gyümölcsvelő előállítása

A gyümölcsvelő félkésztermék előállítása során a nyersanyag mosása az első lépés, melynek célja a fizikai, kémiai és mikrobiológiai tisztaság növelése. A mosás művelete három fő részből áll. Az első fázis az áztatás, a második az aktív fázis, a harmadik az ivóvízes öblítés. A válogatás célja a feldolgozásra alkalmatlan egyedek eltávolítása a nyersanyagból, melyek lehetnek romló, penészes gyümölcsök vagy közéjük került idegen anyagok, szár- vagy levéldarabok. A következő technológiai művelet a durva aprítás, ahol a szilárdabb szövetszerkezetű gyümölcsök aprítása zúzó berendezésekkel történik, míg a puhább húsú gyümölcsöket, bogyósokat kíméletesen roppantják. A művelet célja a nyersanyaghéj felszakítása, a gyümölcs roncsolása, szabálytalan alakra való aprítása. Az előfőzés során a gyümölcs szövetszerkezete fellazul, felpuhul, mely megkönnyíti a passzírozást, valamint az

oxidatív és pektolitikus enzimek inaktiválása történik meg. Ha megfelelő volt az előfőzés mértéke, akkor áttörük a nyersanyagot, vagyis passzírozzák, melynek során a gyümölcsből apró alaki részekben gazdag pépet nyerünk. Ez a szétválasztó művelet a gyümölcsök lágy részeit választja el a keményebb héj és magrészekről. A gyakorlatban egy durva (1,2–0,8 mm) és egy finom (0,6–0,4 mm) passzírozást végeznek, a szita perforációjának méretétől függően. A passzírozás történhet hideg és meleg eljárással is, azonban a meleg eljárás előnye a jobb kihozatal, kevesebb passzírozási hulladék. Fontos, hogy a hideg passzírozás után a gyümölcspépet azonnal fel kell melegíteni az enzimek inaktiválása céljából. A gyümölcs szöveteiből kiszabaduló főleg oxidáz enzimek a levegővel és a szubsztráttal (aszcorbinsav, difenolok stb.) reakcióba lépve barnuláshoz vezethetnek, melynek megakadályozására általában 10%-os aszcorbinsav oldatot adagolnak 100–150 mg/kg koncentrációban. A gyümölcsvelő gyártásának fontos művelete a homogénezés, mely a sima, krémszerű állományt biztosítja. A légtelenítő lépés megakadályozza, hogy a passzírozás és a homogénezés során keletkezett légbuborékok zavarják a pasztöröző berendezés működését, ugyanis egy vákuum alá helyezett, speciális tartályba porlasztják be a gyümölcsvelőt. A gyümölcsvelő tartósítására az aszeptikus technológiát alkalmazzák, ahol a pürét átfolyó rendszerű hőcserélőn hőkezelik, majd utánfertőzést kizáró körülmények között steril csomagolóeszközbe töltik [HORVÁTH, 2007a].

2.4.1.2. Gyümölcssűrítmény előállítása

A gyümölcssűrítmény olyan natúr félkésztermék, amely a gyümölcs préselt levét sűrített formában tartalmazza mag-, héj- és szövetmentesen. Önmagában nem fogyasztják, de a gyümölcslevek és gyümölcsnektárok jelentős részének az alapanyaga, ezért nagy szerepe van a gyümölcskészítmények hazai és nemzetközi kereskedelmében. A gyümölcssűrítmények koncentrált formában tartalmazzák a gyümölcs legtöbb értékes összetevőjét, ezért édesítőszerként és színezőanyagként is szívesen alkalmazzák a tej-, sütő és édesiparban is. [HORVÁTH, 2007a].

A gyártás-technológia alapvető művelete a lényerés, melyre a gyümölcsöt több előkészítő művelettel teszik alkalmassá. A bogyós gyümölcsöket lágy szövetszerkezetük miatt nem mossák, azonban a keményebb húsú gyümölcsök, mint az alma esetén, úsztatócsatornába kerülve lazítják fel a felületi szennyeződések. Ezután következik az ún. termésszár eltávolítása, a bogyózás, valamint a nyersanyag válogatása [HORVÁTH, 2007a].

A lényerés folyamata több műveletre bontható. Első lépése az aprítás, melynek célja a szöveti szerkezet roncsolása, feldarabolása, a sejtnedv elválásának megindítása. A zúzaléknak olyannak kell lennie, hogy a lé könnyen, kis nyomóerő hatására kinyerhető legyen, vagyis

kerülni kell a pépes állagú zúzalékot, ugyanis nyomás hatására szerkezete tömörre válik, a lé számára átjárhatatlan lesz. Második lépés a zúzalék előkészítése, melynek során egyrészt a léhozam növelhető, másrészt a jobb aroma, íz vagy szín elérése érdekében az egyes nemkívánatos folyamatok (oxidáció) lejátszódása gátolható. Alkalmazott előkezelési eljárások a fekete bodzánál a termikus és az enzimikus kezelés, melyekkel 5–10% léhozamnövekedés érhető el. A műveletnek további célja a szín kinyerése a bogyóból és a héj alól.

A termikus előkezelés során a gyümölcszúzalék gyors felmelegítése 80–85 °C-ra, majd gyors visszahűtése történik. Ez alatt a rövid idő alatt különböző fizikai, kémiai és mikrobiológiai folyamatok játszódnak le, az enzimek inaktiválódnak, a sejtfalak áteresztővé válnak, a fehérjék kicsapódnak, felgyorsul a vízoldható anyagok diffúziója. Az enzimikus kezelést a préselés megkönnyítése és a léhozam növelése érdekében alkalmazzák. A gyümölcszúzalék enzimikus kezelése során a vízoldható pektintartalmat bontják le, amely a préselés szempontjából hátrányos, hiszen a szövetnedvekben oldva növeli annak sűrűségét és tapadóképességét, ezáltal akadályozza a lékiválást. A nagy pektintartalom kedvezőtlenül befolyásolja a gyártástechnológia további lépéseit, valamint a késztermék minőségét is rontja, ezért olyan mértékben szükséges lecsökkenteni, ahogy a technológia és a késztermék minősége megkívánja. Az oldható pektinek lebontása gyors viszkozitás-csökkenéshez vezet, mely növeli a folyadéknyerés intenzitását [REISING, 1990; HORVÁTH-KERKAI & STÉGER-MÁTÉ, 2012]. Általában a préselés előtti enzimkezelések hatóideje 0,5–1 óra. Fontos betartani az adott enzim specifikációjában megadott paramétereket, hiszen az enzimek fehérjealapú tulajdonságaik miatt gyakran gyümölcs-specifikusak és adott hőmérsékleten és pH értéken működnek optimálisan. Az alkalmazott enzimkészítmények aktivitására pektin-transzelimináz, poligalakturonáz, pektin-liáz, pektin-észteráz jellemző [HORVÁTH, 2007a].

A gyümölcslé kinyerésének a legáltalánosabban használt módszere a préselés, mely a szilárd fázist választja el a részecskék között elhelyezkedő folyadéktól. A préselés hatékonysága szempontjából kedvező a külső erők segítségével végezhető nyomás fokozatos növelése. A préselés hatékonyságának jelzőszáma a lékihozatal, mely a kinyert lé mennyiségét jelzi a feldolgozásra kerülő anyagmennyiség százalékában. A folyamat során visszamaradt lében szegény anyagot törkölynek nevezzük. Az ily módon kinyert lé még erősen zavaros, melyeket a vízben nem oldható növényi részek (pl. rostdarabok, cellulóz, keményítő, protopektinek), valamint a kolloidálisan oldott makromolekulák (pl. pektinek, fehérjék, egyes polifenolok) okozzák [HORVÁTH, 2007a].

Ezt követően történik a lé tisztítása, mely történhet enzimikus kezeléssel, fizikai-kémiai módszerekkel, mechanikai eljárásokkal vagy ezek kombinációjával. A préselés utáni enzimkezelés célja olyan védőkolloidok (pektinek, keményítő, cellulóz) lebontása, amelyek

kocsonyosodási hajlamukkal akadályozzák a sűrítést vagy a kész gyümölcs-sűrítmény tárolása során idéznek elő valamilyen utózávarosodást. A legkorszerűbb pektinbontó készítmények pektin-transzelimináz és endo-pektin-liáz készítményeket is tartalmaznak, melyek a hagyományos enzimektől eltérően nem szabadítják fel a pektinsav molekulákat észterező metilalkohol csoportokat, így a sűrítmenygyártásnál a metilalkohol nem kerül bele az aromába. A pektinbontás eredményessége alkohol teszttel ellenőrizhető [HORVÁTH, 2007a].

A gyümölcsleiben lévő zavarosító anyagok eltávolítása céljából fizikai-kémiai derítést alkalmaznak, mely különböző derítőszer alkalmazásával történik. Gyümölcslevek derítésére általában bentonitot, kovasavszólt, esetleg aktív szenet használnak, melyek hatása a felületaktivitásukból és az elektromos töltésükből adódik. A bentonitok negatív töltésű vulkáni eredetű ásványok, melyek a pozitív töltésű fehérjéket adszorbeálják. A kovasavszól is negatív töltésű részecskéket tartalmazó kolloidoldat, melyet gyakran kiegészítik zselatin alkalmazásával. Utóbbi fehérjetartalmú derítőanyag, mely pozitív töltése lévén a negatív töltésű részecskékkel (polifenolok, megbontott pektinek) képez csapadékot gyorsítva ezzel a kiülepedést. Az aktív szén alkalmazásának hátránya, hogy habár intenzíven tisztítja a gyümölcslevet, ugyanakkor a zavarosító anyagok mellett a színes alkotók és az aromaanyagok egy részét is megköti. A légyártás során keletkező sötét színű barnás színanyagok eltávolítására műgyantás kezelések alkalmazhatók, például a polivinil-polipirrolidon (PVPP), amely egy gyümölcsleiben nem oldódó műgyanta por, mely a polifenolos komponensekkel csapadékot képez [HORVÁTH, 2007a].

A mechanikai létsztítás folyamatában a kémiai derítés során keletkezett csapadékot távolítják el, melynek kivitelezésére különböző centrifugákat és szűrőberendezéseket használnak. A gyümölcslevek tisztításának általános művelete a szűrés, melynek kulcsfontosságú lépése a membrántechnikán alapuló ultraszűrők alkalmazása, ugyanis segítségükkel érhető el a fényesre szűrt levek [FÁBRY, 1995]. A gyümölcsfeldolgozó iparban 12–20 mm átmérőjű kerámia membráncsővekből álló szűrőket használnak. A retentátumban maradt gyümölcslevet vákuumdobszűrő segítségével választják el [HORVÁTH, 2007a].

A gyümölcslevek besűritése többféle módszerrel valósítható meg, melyeknek célja a gyümölcsle szárazanyag tartalmának növelése, valamint a víztartalom csökkentése az eltarthatóság meghosszabbítása és a kedvezőbb szállítási, tárolási jellemzők elérése miatt. A leggyakrabban alkalmazott sűritési technika a bepárlás, melynek során forralással távolítják el a gyümölcsleiből a víztartalom egy részét. Fontos, hogy a bepárlás során a hőre érzékeny értékes komponensek mennyisége ne csökkenjen, ezért az alacsonyabb forráspont elérése érdekében a műveletet légritkított térben végzik. Gyümölcslevek sűritésére általában három- vagy négyfokozatú bepárló rendszereket alkalmaznak, melyek többnyire aroma-visszanyerővel kombináltak. Ebben az esetben az aroma-visszanyerőt a bepárló első fokozatához kapcsolják,

hogy a legillékonyabb aromákat felfogja, melyeket később, gyakran a kész sűrítményhez keverik vissza. Másik megoldás még a felfogott aromák tisztítása, koncentrálása, melyeket természetes aromakivonatként vagy egyéb gyümölcskészítmények aromázására használnak fel. Annak érdekében, hogy a sűrítést megelőző derítő művelet ne befolyásolja kedvezőtlenül a gyümölcsle aromáját, a sűrítési folyamatot megbontják, vagyis aromalevétellel kombinált elősűrítést végeznek a kezeletlen lével. Ezután történik a 22–25 ref% töménységű félsűrítmény kezelése, majd a sűrítés befejezése [HORVÁTH, 2007a].

A gyümölcslevek besűrítésének egyéb technológiája a fagyasztásos sűrítés és a reverz ozmózis. A fagyasztásos sűrítést, vagy más néven kriokoncentrációt a hőre nagyon érzékeny gyümölcslevek koncentrációjára alkalmazzák. A folyamat két részből áll: a gyümölcsle víztartalma megfagy, majd a jégkristályok elválasztása történik a folyadékfázistól mechanikai módszer segítségével. A kriokoncentráció igen kíméletes eljárás, hiszen a művelet közben nem történik hőközlés, vagyis nincs íz-, aroma- és vitaminvesztés. Az eljárás hátránya, hogy nagy az energiaigénye és alkalmazásával kisebb sűrítmény-koncentráció (40–45 ref%) érhető el, mint a termikus sűrítés esetén [VÁRSZEGI, 2002].

A gyümölcskoncentrátumok előállítására alkalmazott membrántechnikán alapuló eljárás a reverz ozmózis, melynek során a víz egy része kiszűrhető az oldatból. Működési elvét az adja, hogy a kis pórusméretű membrán egy félig-áteresztő, szelektív hártaként működik, mely csak a vizet engedi át, a vízben oldott anyagokat nagymértékben visszatartja. A módszer előnyét az adja, hogy nincs hőközlés a folyamat során. Hátránya viszont, hogy az ozmózisnyomás erőteljes növekedése miatt maximum 30 ref% koncentráció érhető el, tehát a sűrítmény élelmiszerbiztonsági szempontból megfelelő tárolásáról gondoskodni kell [HORVÁTH, 2007a].

2.5. Élelmiszeripari adalékanyagok

2.5.1. Általános jellemzés

A mai fogyasztói igényeknek megfelelni vágyó élelmiszeripar egyre különlegesebb készítmények gyártására kényszerül, melyek a régi, egyszerű módszerekkel nem állíthatók elő. A technológia állandó fejlesztése mellett ezért olyan adalékanyagok bevonása is szükséges, melyekkel biztosítani tudják a kereskedelemben az élelmiszerek sokféleségét. Az adalékanyagokat az élelmiszeripar az élelmiszerek érzékszervi tulajdonságainak javítására, tápértékük megőrzésére, eltarthatóságuk növelésére, valamint az alapanyagok feldolgozhatóságának megkönnyítése céljából alkalmazzák [RODLER, 2006; SOHÁR, 2005].

„Az élelmiszer-adalékanyagok olyan anyagok, amelyeket nem fogyasztanak önmagukban élelmiszerként, de a rendeletben említett technológiai célból, szándékosan adják az élelmiszerhez, például élelmiszer tartósítására. Nem minősülnek azonban élelmiszer-adalékanyagnak azok az anyagok, amelyeket zamat és/vagy íz hozzáadása érdekében vagy táplálkozási célokból használnak, mint például a sópótlók, a vitaminok és az ásványi anyagok. Nem tartoznak továbbá e rendelet hatálya alá az élelmiszernek minősülő, technológiai funkcióban használt anyagok, például a nátrium-klorid vagy a színezésre használt sáfrány, továbbá az élelmiszer-enzimek. Mindazonáltal az élelmiszerekből és más természetes eredetű anyagokból az összetevőknek (pl. a színezőanyagoknak) a tápanyagoktól és az aromatikus összetevőktől való szelektív elkülönítésével nyert, a végső élelmiszerre technológiai hatást gyakorló készítményeket e rendelet értelmében adalékanyagnak kell tekinteni” [1333/2008 EK RENDELET].

Az élelmiszer-adalékanyag csak akkor kerülhet engedélyezésre, ha az alábbi feltételeknek megfelel:

- a) a rendelkezésre álló tudományos bizonyítékok alapján nem jelent biztonsági kockázatot a fogyasztó egészségére a javasolt felhasználási szinten; és
- b) észszerű technológiai igény van rá, amely más gazdasági és technológiai eszközökkel nem teljesíthető; és
- c) használata nem vezeti félre a fogyasztót.

Az élelmiszer-adalékanyag csak akkor kerülhet az engedélyezett listájába, ha előnyökkel jár a fogyasztóra nézve; ennek érdekében az alábbi célok valamelyikét kell szolgálnia:

- a) az élelmiszer tápértékének megőrzése;
- b) a különleges táplálkozási igényű fogyasztói csoportok számára előállított élelmiszerekhez szükséges összetevők vagy alkotórészek biztosítása;
- c) az élelmiszer eltarthatóságának vagy stabilitásának növelése vagy érzékszervi tulajdonságainak javítása, feltéve hogy az élelmiszer jellege, állaga vagy minősége nem változik a fogyasztót félrevezető módon;
- d) az élelmiszer –beleértve az élelmiszer-adalékanyagokat, az élelmiszer-enzimeket és az élelmiszer-aromákat – gyártásának, feldolgozásának, előkészítésének, kezelésének, csomagolásának, szállításának vagy tárolásának elősegítése, feltéve hogy az adalékanyagot nem a hibás nyersanyagok felhasználásából vagy a nemkívánatos, vagy nem higiénikus gyakorlatok vagy technikák alkalmazásából származó hatások leplezésére használják fel a fent említett tevékenységek bármelyike során [1333/2008 EK RENDELET].

Az adalékanyagok áttekintésére, egészségügyi elbírálásának és rendszerbefoglalásának érdekében 1956-ban létrehozták a FAO és a WHO közös Élelmiszer-adalékanyag Szakértői

Bizottságát (Joint Expert Committee on Food Additives, JECFA), mely ajánlásokat dolgoz ki az alkalmazásuk biztonságossá tételének érdekében [SOHÁR, 1999]. Ennek során a JECFA állatkísérletekből meghatároz egy bizonyos szintet, a „megfigyelhető káros hatást nem kiváltó mennyiséget” (NOAEL, No Observed Adverse Effect Level). Az emberre történő átszámolás céljából az állatkísérletek során kapott NOAEL értéket elosztják egy biztonsági faktorról, ami az adalékanyagok esetében rendszerint 100. Ennek eredményeképpen született meg az ADI (Acceptable Daily Intake) érték, vagyis a „megengedhető napi bevitel”, amely a JECFA által meghatározott, testtömeg kg-ra (ttkg) számított mennyiség. Ezt naponta, hosszú időn át, akár teljes élettartamon keresztül lehet fogyasztani érezhető egészségügyi kockázat nélkül [SOHÁR, 2003, 2005]. Az utóbbi időben a JECFA ajánlásai kiegészültek az Élelmiszer-biztonsági Hivatal (European Food Safety Authority, EFSA) szakértőinek tudományos vizsgálatának eredményeivel is. Minden adalékanyag engedélyezési eljárása során megvizsgálják, hogy önmagában vagy alkalmazásai által nem veszélyeztetik-e a fogyasztók egészségét, van-e technológiai szükségessége, nem szolgálnak-e hibák elfedésére, a fogyasztók félrevezetésére. Lehetséges ugyanis, hogy egy anyag önmagában véve teljesen ártalmatlan, a kívánt alkalmazás keretei között azonban egészen másként viselkedik, és ez hatással van az emberi egészségre [RODLER, 2006].

Az Európai Unió az 1960-as években dolgozta ki az élelmiszer-adalékanyagok rendszerbefoglalása céljából az E-számrendszert, mely egyszerűbbé tette az adalékanyagok feltüntetését a csomagoláson, valamint azok azonosítását is. Eredetileg négy csoport került kialakításra (színezékek, tartósítószer, antioxidánsok, állományjavítók) [CZUKOR *et al.*, 2005], azonban az adalékanyagok száma az elmúlt évtizedek során igen megnőtt, így besorolásuk ma már mintegy 26 csoport alapján történik [1333/2008/EK RENDELET].

Az adalékanyagok felhasználásáról a fogyasztóknak tájékoztatást kell kapniuk, vagyis az adalékanyag felhasználását az élelmiszer csomagolásán fel kell tüntetni. Ez történhet a csoportnévvel és mögötte az adalékanyag névvel vagy E-számának megnevezésével. A piac fokozódó igényessége és a vásárló figyelméért vívott harcok miatt, nincs reális valószínűsége annak, hogy a közeljövőben adalékanyag-mentes élelmiszer-előállítás történik, annak ellenére, hogy több adalékanyagokról szóló kérdőíves felmérés bizonyítja az utóbbi években kialakult egyre nagyobb fogyasztói averziót a mesterséges adalékanyagok iránt világszerte [SHIM *et al.*, 2011]. 1995-ben hazánkban végzett élelmiszer-biztonsági kérdőíves felmérés kimutatta, hogy az adalékanyag csoportok közül a kémiai tartósítószerhez rendelték a legnagyobb kockázatot a fogyasztók, míg a mesterséges édesítőszerhez és mesterséges élelmiszer-színezékekhez valamivel alacsonyabbat [BÁNÁTI *et al.*, 2003]. Újabb kutatás

alapján azonban a magyarok többsége a mesterséges színezékek élelmiszeripari alkalmazását utasítja el a legnagyobb mértékben [SZŰCS, 2014].

2.5.2. Élelmiszer-színezékek

Az élelmiszerek piacképességét alapvetően meghatározza a külső megjelenésük, melynek egyik fontos minőségi jellemzője a szín [DOWNHAM & COLLINS, 2000; VERESEGYHÁZY, 2001; TÜRKYILMAZ *et al.*, 2010]. Legfőképpen a gyümölcskészítmények színe jelző értékű, hiszen információt közvetít a nyersanyag minőségéről és a termék állapotáról [HORVÁTH, 2007b].

A feldolgozáskor felhasznált színezőanyagok optikailag vonzóbb megjelenést biztosítanak az adott terméknek. Élelmiszer-színezéket több okból adagolnak az élelmiszerhez: (i) a gyártástechnológia alatt bekövetkezett színvesztés helyreállítására, (ii) a már meglévő szín erősítésére, (iii) a különböző gyártási tételekből adódó differencia minimalizálása érdekében és (iv) egyszerűen színt adni egy színezetlen élelmiszernek [BARROWS *et al.*, 2003; MADHAVA NAIDU & SOWBHAGYA, 2012; SOLTAN & SHEHATA, 2012; LAKSHMI, 2014].

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 színezékeknek, ha a színezőanyagot a tápanyagoktól és az aromatikus összetevőktől szelektív módon elkülönítették [1333/2008 EK RENDELET].

HORVÁTH [2007b] szerint a színező anyagokat általában összetételük és jogi szabályozásuk alapján két fő csoportra osztjuk, az élelmiszer-színezékekre és a színező élelmiszerekre.

A színező élelmiszerek általában nagy színanyag tartalmú növényi anyagok koncentrátumai, melyekre jellemző, hogy a növény eredeti összetételét is tartalmazzák. Ezek egy része értékes lehet táplálkozás-élettani szempontból, viszont egyéb része jellegzetes érzékszervi tulajdonságokat kölcsönözhet a sűrítmenyeknek, melynek hatására módosulhat a gyümölcskészítmény íz- és illatprofilja. Napjainkban a fekete ribiszke, a fekete bodza, az arónia, a cékla, a csalán, a kurkuma, a paprika, a paradicsom, a szőlő, a spenót koncentrátumait használja az élelmiszeripar, melyek közül az arónia, a fekete bodza, a fekete ribiszke, a

hibiszkusz és a szőlő sűrítményeivel színeznek. Ezek az anyagok hivatalosan nem tartoznak az élelmiszer-adalékanyagok közé, tehát nem rendelkeznek E-számmal [HORVÁTH, 2007b].

Az élelmiszer-színezékeket több alcsoportba oszthatjuk eredet (természetes, természetes eredetű vagy mesterséges) [HORVÁTH, 2007b; AMCHOVA *et al.*, 2015], oldhatóság (oldható vagy oldhatatlan) és fedőképesség (átlátszó vagy opálos) szerint. Ezek a kategóriák gyakran átfednek egymással, azonban a leggyakrabban alkalmazott csoportosítás az oldhatóság szempontjából történik [AMCHOVA *et al.*, 2015]. Az oldható színezékek közé tartoznak a természetes, természetes eredetű és mesterséges színezékek, míg az oldhatatlan csoport a szervetlen és szerves pigmenteket foglalja magában [MADHAVA NAIDU & SOWBHAGYA, 2012; SOLTAN & SHEHATA, 2012; AMCHOVA *et al.*, 2015].

Az Európai Unióban, így hazánkban is engedélyezett élelmiszer-színezékeket E-számukkal együtt a Melléklet 2. (M2) táblázatában mutatom be.

A természetes színezékek általában növényi eredetű élelmiszerek alkotói, melyeket a növényből vonnak ki valamilyen kémiletes eljárással vagy egyéb anyagoktól történő szelektív elválasztással. Magas előállítási költségeik mellett a stabilitásuk is behatárolja alkalmazásukat, ugyanis nagy részük fény-, pH- és hőérzékeny, hajlamosak az oxidációra, érzékenyek a gyártástechnológiai hatásokra, valamint sokszor a tárolási stabilitásuk sem megfelelő. Az élelmiszer más összetevőjével reakcióba lépve nem kívánt színeket és ízeket eredményezhetnek [HORVÁTH, 2007b; BAKOWSKA-BARCZAK, 2005; RODRIGUEZ-AMAYA, 2016].

Az élelmiszerek színezésére kilenc természetes forrásból származó színezékcsoport alkalmazását engedélyezi az Európai Unió: 1. kurkumin (E 100), 2. riboflavinok (E 101), 3. kárminsav (E 120), 4. klorofilok – beleértve a klorofilinokat és a réz analógokat (E 140-141), 5. karamell osztályok I-IV (E 150a-d), 6. karotinoidok (E 160a-f, E 161b, E 161g), 7. céklavörös (E 162), 8. antocianinok (E 163) és 9. egyéb színezékek osztálya – növényi szén (E 153), kalcium-karbonát (E 170), titán-dioxid (E 171), vas-oxidok és -hidroxidok (E 172) [1333/2008 EK RENDELET; SCOTTER, 2011].

A természetes élelmiszer-színezékeknek nincs egészségügyi kockázata, az egészséget nem veszélyeztetik, sőt közülük többnek antioxidáns, szabadgyök-fogó hatása, valamint vitamin jellege van [HORVÁTH, 2007b].

A kárminsav az egyetlen engedélyezett állati eredetű természetes színezék, mellyel szemben azonban egyre több averzió lép fel. A kárminsavat a nőstény bíbortetű (*Coccus cacti*) testéből kivont kokcsinella színanyag további feldolgozása során állítják elő. Jellemző tulajdonságai, hogy jól ellenáll a fénynek, a hőnek, az oxidációnak és színének stabilitását nem befolyásolja a kén-dioxid jelenléte. Előállítása ugyanakkor igen költséges, valamint a kóser ételek színezésére sem alkalmazható állati eredete miatt. Kémiai felépítését tekintve a kárminsav

egy antrakinon (antracén származék) vázat tartalmazó szerves vegyület, melyhez egy glükóz molekula kapcsolódik [WROLSTAD & CULVER, 2012]. Számos tanulmány bizonyítja, hogy fogyasztása IgE-által közvetített allergia-szerű tüneteket válthat ki [LUCAS *et al.*, 2001; GREENHAWT & BALDWIN, 2009], továbbá fehérje tartalma miatt is allergiás érzékenység következhet be [OHGIYA *et al.*, 2009].

A növényi forrásból származó színyanyagok közül az antocianinok alkalmasak alacsony pH értékű élelmiszerek színezésére, mint például üdítőitalok, víz alapú jégkrémek, szószok, gyümölcszselék, cukrászati termékek, konzervek [BRIDLE & TIMBERLAKE, 1997; COOPER-DRIVER, 2001; KONG *et al.*, 2003; BAKOWSKA-BARCZAK, 2005; LEE & FINN, 2007; DEL CARO & PIGA, 2008]. Az antocianinokat vizes extrakció során nagy színyanyag tartalmú zöldségekből, gyümölcsökből vonják ki. Az Európai Unió előírása alapján nem szükséges jelölni, hogy az extraktumok mely növényből származnak, továbbá az antocianinok összetételére vonatkozó információ sem feltétel ahhoz, hogy E 163 jelöléssel élelmiszer-adalékanyagként felhasználhatók legyenek. Ugyanakkor találkozhatunk az élelmiszerek csomagolásán eredetre vonatkozó rövidítéssel, hiszen az E 163 (i) szőlőhéj kivonatot, az E 163 (ii) antocián keveréket, míg az E 163 (iii) fekete ribiszke kivonatot jelöl. Az antociánokra megadott ADI érték nincs meghatározva, ez alól kivételt képez az E 163 (ii) jelölésű antocián keverék színezék, ahol a napi maximum beviteli értéket 2,5 mg/testsúly kg értékben határozták meg [EFSA JOURNAL, 2008].

A természetes eredetű színezékeket növényi eredetű nyersanyagokból állítják elő. Főbb képviselőjük a növényi szén (E 153) és a karamell (E 150). A karamellt előszeretettel alkalmazza a gyümölcsfeldolgozó ipar szörpök és italok színezésére [HORVÁTH, 2007b].

A mesterséges színezékek története 1856-ban indult el, amikor is Sir William Henry Perkin a véletlennek köszönhetően előállította az első szintetizált színezéket (mauvein). Kinint akarván szintetizálni anilin-szulfátot oxidált savas káliumbikromáttal és fekete reakciótermékhez jutott, melyből egy ibolyaszínű anyagot izolált és használta fel textilszínezésére [WALFORD, 1980]. Ennek hatására elkezdődött a mesterséges színezékek tömeges gyártása és hasznosítása a textiliparban elsősorban pamut és gyapjú színezésének céljából. Ezek a színezőanyagok általában toxikus petróleum származékok voltak, mint például az anilin. A 19. század elején az élelmiszeriparban is megjelentek a mesterséges élelmiszer-színezékek, melyeket Európában és az Amerikai Egyesült Államokban ketchup, lekvárok, borok, mustár színezésére használták fel [DOWNHAM & COLLINS, 2000]. Bár már ebben az időben is elérhető volt a természetes növényi, állati vagy akár ásványi forrásból származó színezőanyag, a gyártók gazdasági okokból inkább a mesterséges úton nyert anyagokat részesítették előnyben kiváló színhatásuk, olcsóbb és könnyebb előállításuk miatt. Könnyen oldhatók voltak és nem okoztak nemkívánatos ízt az élelmiszereknek.

A mesterséges színezékeket manapság nagymértékben tisztított olaj termékekből nyerik ki. Ide tartoznak az azo-színezékek, a xantán, a kinolin és az antrakinon színezékek [AMCHOVA *et al.*, 2015], melyek élelmiszerektől idegen szerkezetű anyagok, azonban számos előnnyel rendelkeznek a természetes színezékekkel szemben. Technológiai hatásokkal szembeni stabilitásuk jóval nagyobb, kevésbé pH-, hő- és fényérzékenyek, valamint tárolás során is ellenállóbbak. Színezőképességük nagyobb, mint a természetes színezékeké, valamint olcsóbban is előállíthatóak, továbbá kis tömegűek, íztelenek és szagtalanok [HORVÁTH, 2007b; AMCHOVA *et al.*, 2015]. Ezek alapján látszólag jóval több előnyös tulajdonsággal rendelkeznek, mint a színezékek többi csoportja, ugyanakkor az utóbbi időben nőtt az élelmiszerbiztonságuk megkérdőjelezése. A fogyasztók körében is egyre negatívabb megítélésben részesülnek, ugyanis a köztudatban rizikófaktoroként jelennek meg bizonyos betegségekkel kapcsolatban [SZÚCS, 2014].

A mesterséges színezékek egészségügyi hatásait számos kutatás vizsgálta/vizsgálja világszerte és ennek megfelelően rendeletben szabályozzák élelmiszeripari felhasználásukat [DOWNHAM & COLLINS, 2000; ADAM BURROWS, 2009].

A 2007-ben megjelent Southampton tanulmányban kimutatták, hogy szignifikáns összefüggés van a gyermekek hiperaktivitása és a fogyasztott mesterséges színezékek között [McCANN *et al.*, 2007]. A Southampton színezékek közé három sárga és három piros/vörös színezék tartozik, nevezetesen a Narancssárga (E 110), a Kinolinsárga (E 104), a Tartrazin (E 102), az Azorubin (E 122), az Alluravörös (E 129) és a Ponceau 4R (E 124) [McCANN *et al.*, 2007], melyek a Kinolinsárga kivételével a monoazoszínezékekhez tartoznak. Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) felülvizsgálata szerint azonban ez az eredmény nem adott okot arra, hogy az egyes szintetikus színezékek esetében az ADI értéket módosítsák [EFSA PANEL ON FOOD ADDITIVES AND NUTRIENT SOURCES ADDED TO FOOD, 2008]. 2008-ban viszont a tanulmány hatására kiadták az 1333/2008 EK rendeletet, melynek V. melléklete kimondja, hogy a Southampton színezékeket tartalmazó élelmiszerek csomagolásán 2010 júliusa után az alábbi figyelmeztető mondatot kell feltüntetni: „a gyermekek figyelmére és tevékenységére káros hatást gyakorolhat”.

Az EFSA 2012-ben újraértékelt a Southampton színezékek egészségügyi hatásait, melynek eredményeképpen a Narancssárga, a Kinolinsárga és a Ponceau 4R felhasználási feltételeit és felhasználási mennyiségeit módosították. A 232/2012 EK rendelet szerint a Narancssárga megengedhető napi bevitelének 2,5 mg/testtömeg kg/nap értékről 1 mg/testtömeg kg/nap értékre, a Kinolinsárga megengedhető napi bevitelének 10 mg/testtömeg kg/nap értékről 0,5 mg/testtömeg kg/nap értékre, míg a Ponceau 4R megengedhető napi bevitelének 4 mg/testtömeg kg/nap értékről 0,7 mg/testtömeg kg/nap értékre csökkentették.

További tanulmányok bizonyították, hogy a szintetikus színezékek fogyasztása érzékeny embereknél élelmiszer-intoleranciát, allergiás vagy asztmás tüneteket válthat ki, melyek közül a legkritikusabbak az azo-származékok [DAVID *et al.*, 1999; AMCHOVA *et al.*, 2015; VOJDANI & VOJDANI, 2015]. Az azo-színezékek alkalmazásának korlátozását elsősorban a potenciális karcinogenitásuk okozza, ugyanis fogyasztásuk során a bélben található mikrobióták karcinogén metabolitokká bontják le [FENG *et al.*, 2012].

4. táblázat. Az Európai Unióban engedélyezett pirosas árnyalatot adó élelmiszer-színezékek [1333/2008 EK RENDELET]

	Megnevezés	E szám	Élelmiszer-kategóriák
Természetes élelmiszer-színezékek	Kárminsav	E 120	Tejipari lekvárok, szörpök, öntetek, zöldség-, gyümölcskészítmények, dzsemek, zselék, egyes húskészítmények, ömlesztett és érlelt sajtok, gyümölcsízésítésű reggeli gabonyapehely, feldolgozott hal és halászati termékek, halikra, haltej, ízesített borlapú italok
	Betanin, céklavörös	E 162	Zöldség- és gyümölcskészítmények, sajtok és sajtermékek, dzsemek, zselék, gyümölcsízésítésű reggeli gabonyapehely, feldolgozott hal és halászati termékek, rákfélék
	Antociánok	E 163	
Mesterséges élelmiszer-színezékek	Azorubin, karmazsin	E 122	Feldolgozott hal- és egyéb halászati termékek, ízesített borok, boralapú italok, szörpök
	Ponceau 4R, Kosnilyvörös A, Neukocin	E 124	Halikra, haltej, bizonyos fehérjetermékek, egyes diétás élelmiszerek, ízesített italok és borok, gyümölcsbor, szeszes italok, desszertek, egyes étrendkiegészítők
	Alluravörös AC	E 129	Zöldség- és gyümölcskészítmények, friss hús, húskészítmények, feldolgozott hal és egyéb halászati termékek, ízesített italok, ízesített borok, boralapú italok, szeszes italok

A fentebb említett rendelet és vizsgálatok befolyást gyakoroltak mind a fogyasztókra, mind az élelmiszeripari vállalatokra, melynek hatására az élelmiszer-előállítók igyekeznek a mesterséges élelmiszer-színezékeket természetessel helyettesíteni [WROLSTAD & CULVER, 2012].

A 4. táblázat mutatja ezek közül kiemelve a pirosas, vörös színt adó leggyakrabban alkalmazott természetes színezékeket és az egészségügyi kockázattal járó, ezáltal kiváltandó

Southampton-színezékeket élelmiszer-kategóriák szerint [1333/2008 EK RENDELET]. A természetes eredetű és természetes színezékek engedélyezett területükön történő felhasználásának felső határértékét általában *Quantum satis*, vagyis a „Jó gyártási gyakorlatnak megfelelő” mennyiségben határozzák meg. A mesterséges színezékek maximálisan megengedett szintje adott élelmiszer-kategóriától függ, azonban ezek alapján megállapíthatunk színezék-csoportokat, melyek együttes felső határértékkel rendelkeznek [1333/2008 EK RENDELET].

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Vizsgálatba bevont fekete bodza fajták

Kísérleteim során a hazánkban egyetlen államilag elismert osztrák eredetű Haschberg és négy új dán eredetű fajtát (Sampo, Samyl, Samocco, Samident) vizsgáltam.

3.2. Vizsgálati minták származási helye

A vizsgált fajták két ültetvényről származtak, melyek a BOTÉSZ tulajdonában vannak. Az egyik termőterület Nagyvenyim (NV) határában (é. sz. $46^{\circ} 57' 28''$; k. h. $18^{\circ} 51' 53''$), a másik Vál (V) mellett (é. sz. $47^{\circ} 21' 40''$, k. h. $18^{\circ} 40' 53''$) található (7. ábra).



7. ábra. Vál és Nagyvenyim termőterületek elhelyezkedése Magyarországon belül

A nagyvenyimi termőterület éghajlatára a meleg, száraz, mérsékelten forró nyár és a nagyfokú csapadékszegénység jellemző. Az Országos Meteorológiai Szolgálat 2012-es és 2013-as év meteorológiai adatai alapján, a fekete bodza tenyészidőszakának nevezhető július és augusztus hónapokban mért átlagos napfényes órák száma, átlagos napi középhőmérséklet és átlagos csapadékmennyiség az 5. táblázatban láthatók.

A nagyvenyimi ültetvény lösz talajképző kőzeten kialakult mészlepedékes csernozjom talajon él. A bodza a mélyebb területekre U alakban van telepítve, melynek területe 2,01 ha, termésátlaguk 10 t/ha.

5. táblázat. A nagyvenyimi termőterület 2012-es és 2013-as év július és augusztus hónapokra vonatkozó meteorológiai adatai [FODOR *et al.*, 2013, 2014]

Nagyvenyim	2012		2013	
	Július	Augusztus	Július	Augusztus
Napfényes órák száma (óra)	10,4	11,3	12,3	9,7
Középhőmérséklet (°C)	23,1	23,1	23,7	23,3
Csapadékmennyiség (mm)	4,5	0,7	2,7	4,3

A váli agyagos homok és lösz termőterület éghajlatára szintén a meleg és a csapadékszegény nyár jellemző. A 2012-es és a 2013-as év meteorológiai adatai alapján, a július és augusztus hónapokban mért átlagos napfényes órák száma, átlagos napi középhőmérséklet és átlagos csapadékmennyiség a 6. táblázatban láthatók.

6. táblázat. A váli termőterület 2012-es és 2013-as év július és augusztus hónapra vonatkozó meteorológiai adatai [FODOR *et al.*, 2013, 2014]

Vál	2012		2013	
	Július	Augusztus	Július	Augusztus
Napfényes órák száma (óra)	10,4	11,3	12,3	9,7
Középhőmérséklet (°C)	23,1	21,9	22,2	21,8
Csapadékmennyiség (mm)	4,8	0,6	4,0	4,9

3.3. Felhasznált vegyszerek

Az analitikai tisztaságú cianidin-3-*O*-glükozid-klorid (CAS szám: 7084-24-4) és cianidin-3-*O*-szambubiozid-klorid (CAS szám: 33012-73-6) kristályos standardokat az Extrasynthese[®]-től (Genay, Franciaország) szereztem be, melyeket 1% hangyasavat tartalmazó metanolban oldottam fel és a vizsgálatok megkezdéséig –20 °C-on tároltam. A HPLC tisztaságú acetonnitrilt (Chromasolv[®] Gradient) és metanolt (Chromasolv[®] for HPLC) a Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA) biztosította, a nagytisztaságú hangyasavat a Fluka (Buch, Svájc) gyártotta. A mérésnél felhasznált nagytisztaságú vizet (18 M Ωcm^{-1}) a Milli-Q rendszer (Milford, MA, USA) biztosította.

Az összes polifenol tartalom spektrofotometriás meghatározásához szükséges Folin – Ciocalteu reagenst és az analitikai tisztaságú galluszsav standardot a Sigma-Aldrich-től (St. Louis, MO, USA) szereztem be. A vizes puffer elkészítéséhez szükséges citromsav-monohidrát és trinátrium-citrát 2-dihidrát, a pektin-próbához szükséges etanol, valamint az összes savtartalom meghatározásához szükséges 0,1 n nátrium-hidroxid (NaOH) a Reanal

Laborvegyszer Kereskedelmi Kft-től (Budapest, Magyarország) érkezett. A brómtimolkék indikátor a Merck Chemicals Hungary-től (Budapest, Magyarország) származott.

A felhasznált Pectinex BE XXL[®] pektinbontó készítményt és a NaCalcit Pore-TECH[®] bentonit típusú derítőszert a Kertrade Kft-től (Dunavarsány, Magyarország) szereztem be.

3.4. Kísérleti szakaszok

3.4.1. Érésvizsgálathoz szükséges fekete bodza minták begyűjtése

A minták begyűjtésére 2012 és 2013 nyarán került sor. A mintavételek során 1–2 kg reprezentatív átlagmintát vettem, melyeket több azonos fajtához tartozó bokorról gyűjtött részmintából állítottam össze. Egy mintavételi alkalommal esetenként több érési állapotú gyümölcsöt is be tudtam gyűjteni. A begyűjtött minták érettségi állapotának meghatározása a szüretelési idő és a vizuális paraméterek figyelembevételével történt, amelynek során az alábbi érési állapot-csoportokat határoztam meg: az 1-es érettségben a bogyók zöme világos, néhol zöld, éretlen színűek. A 2. állapotban kisebb arányban találunk zöld, világos bogyókat, míg a 3. érettségi állapotban már sötét színű bogyók figyelhetők meg. A 4. állapotban a lilás-feketés bogyók még világos színű festőlével rendelkeznek, amely az 5. érettségben sötétebbé válik. Végül a 6. utolsó szakaszban már túlrett, sötét festőlevű aszott szemekkel is találkozunk. A 2013-as évben a korábbi év szüretelési időpontjaihoz igazodva az általam 4-es, 5-ös és 6-os érettségi állapotnak vélt mintákat gyűjtöttem be. A mintavételek időpontjait, a begyűjtött mintákat és az érettségi állapotokat a 7. táblázat foglalja össze.

7. táblázat. Az érettségi állapotok szüretelésének időpontjai az egyes fajták és évjáratok esetében

Fajta/Szüreti idő	2012 29. hét	2013 30. hét	2012 31. hét	2013 32. hét	2012 33. hét	2013 34. hét
<u>Vál</u>						
Haschberg			1.-2.	3.-4.	5.	4.-6.
Sampo	1.	2.-3.	4.	5.	6.	4.-6.
Samyl	1.	2.-3.	4.	5.	6.	4.-6.
Samident	1.	2.	3.-4.	5.	6.	4.-6.
Samocco	1.	2.	3.-4.	5.	6.	4.-6.
<u>Nagyvenyim</u>						
Haschberg			1.	2.	3.-4.	4.-6.
Sampo	1.	2.-3.	4.	5.-6.		4.-6.
Samyl		1.-2.	3.	4.-5.	6.	4.-6.
Samident		1.-2.	3.	4.-5.	6.	4.-6.
Samocco		1.-2.	3.	4.-5.	6.	4.-6.

A 2012-es évben begyűjtött fajták 1–6-os érettségi állapotok szerinti besorolása a 8–17. ábrákon láthatók, balról jobbra haladva.

Nagyvenyimben gyűjtött minták:



8. ábra. Haschberg



9. ábra. Sampo



10. ábra. Samyl



11. ábra. Samocco



12. ábra. Samident

Válon gyűjtött minták:



13. ábra. Haschberg



14. ábra. Sampo



15. ábra. Samyl



16. ábra. Samocco

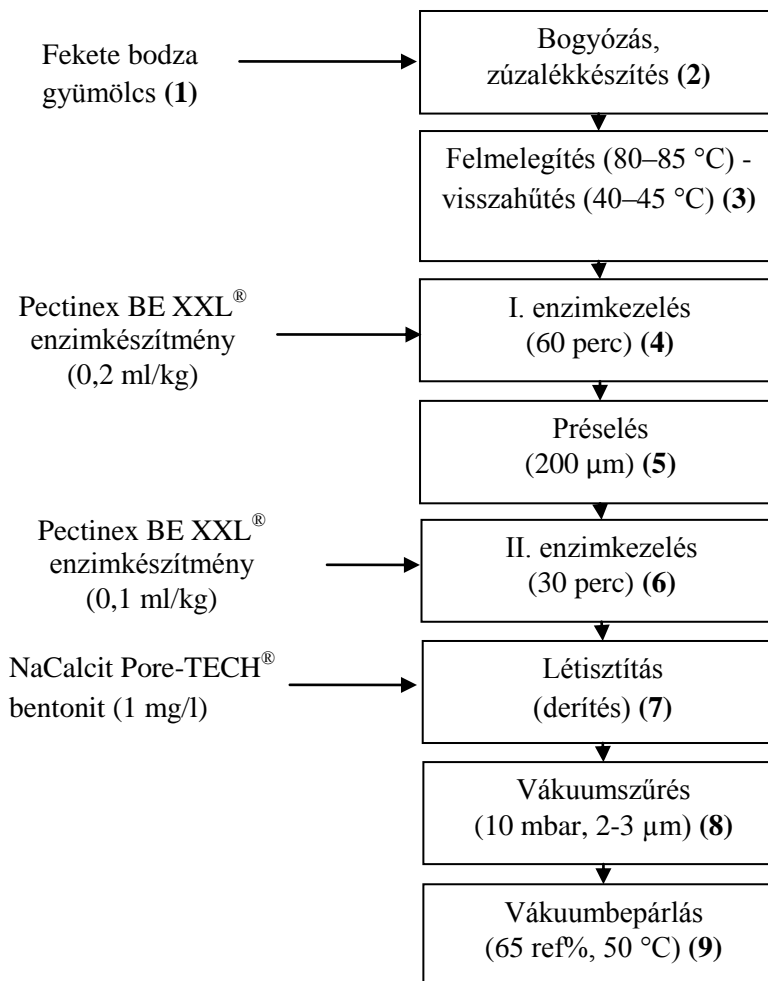


17. ábra. Samident

3.4.2. Fekete bodza sűrítmény előállítás-technológiája

Haschberg és Samocco fajtákból laboratóriumi körülmények között a 18. ábrán bemutatott ipari technológia alapján élelmiszerszínezésre alkalmas gyümölcs koncentrátumot állítottam elő, melynek során 9 mintavétel történt. A nyers bodza bogyókat először elválasztottam a nagyobb szárrészekről, majd házi húsdaráló segítségével, zúzalékot készítettem. A zúzalékot 80–85 °C-ra melegítettem fel egy házi lekvárfőző üstben, majd hirtelen 40–45 °C-ra hűtöttem vissza

vízfürdőben. Ezután az ipari Pectinex BE XXL[®] nevű pektinbontó enzimből 0,2 ml/kg mennyiséget adtam hozzá, melyet keveréssel egyenletesen eloszlattam. Az enzim hatóideje 60 perc volt. Ezt követően kosaras prés segítségével kipréseltem a levet a zúzalékból. A préselt mintához a második enzimkezelés során fele mennyiségű (0,1 ml/kg) Pectinex BE XXL[®] enzimkészítményt adagoltam. A várakozási idő is a felére csökkent, így 30 perc után etanolos pektin-próbát végeztem [OSZMIANSKI *et al.*, 2009]. Pektin próbával azt vizsgáltam, hogy a levekben lévő pektinek elbomlottak-e. Az eredményes pektinlebontás után NaCalcit Pore-TECH[®] (1 mg/l) bentonit típusú derítőszerrel tisztítottam a fekete bodza leveket, melyet a mintához adagolás előtt 6 órán át duzzasztottam.



18. ábra. Fekete bodza koncentrátum előállítás-technológiája, zárójelben a mintavételi pontokat jelölve

A 20 perces várakozási idő után átfajtottam a préselt leveket, így leülepedett részekről mentes mintákat kaptam, melyeket vákuumszűrő (10 mbar) segítségével szűrőpapíron (2–3 μm) átszűrtem, majd rotációs vákuumbepárló (IKA RV10 digital) felhasználásával (19. ábra) 50 °C-on 200 mbar nyomáson sűrítettem be kb. 65 ref% értékűre.



19. ábra. Rotációs vákuumbepárló (IKA RV10 digital) működés közben [saját kép, 2013]

Az ismertett feldolgozási lépések alkalmazásával 3 párhuzamos technológiai sorozatot állítottam elő, a mintákból pedig elvégeztem az antocianin molekulák kvalitatív és kvantitatív analízisét.

3.4.3. Színezett joghurtok tárolási stabilitásának vizsgálata

A joghurtkészítmények előállítása 2013. október 10-én a Sole-Mizo Zrt. szegedi laboratóriumában történt a kereskedelmi forgalomban is kapható szamócás joghurt termék szokásos receptje alapján. A termék összetevői a következők: Tej, 7,5% eper, Cukor, Glükóz-fruktóz szörp, Tejfehérje-koncentrátum, Módosított keményítő, Zselatin, Aroma, Színezékek (antociánok, kárminsav), Joghurtkultúra.

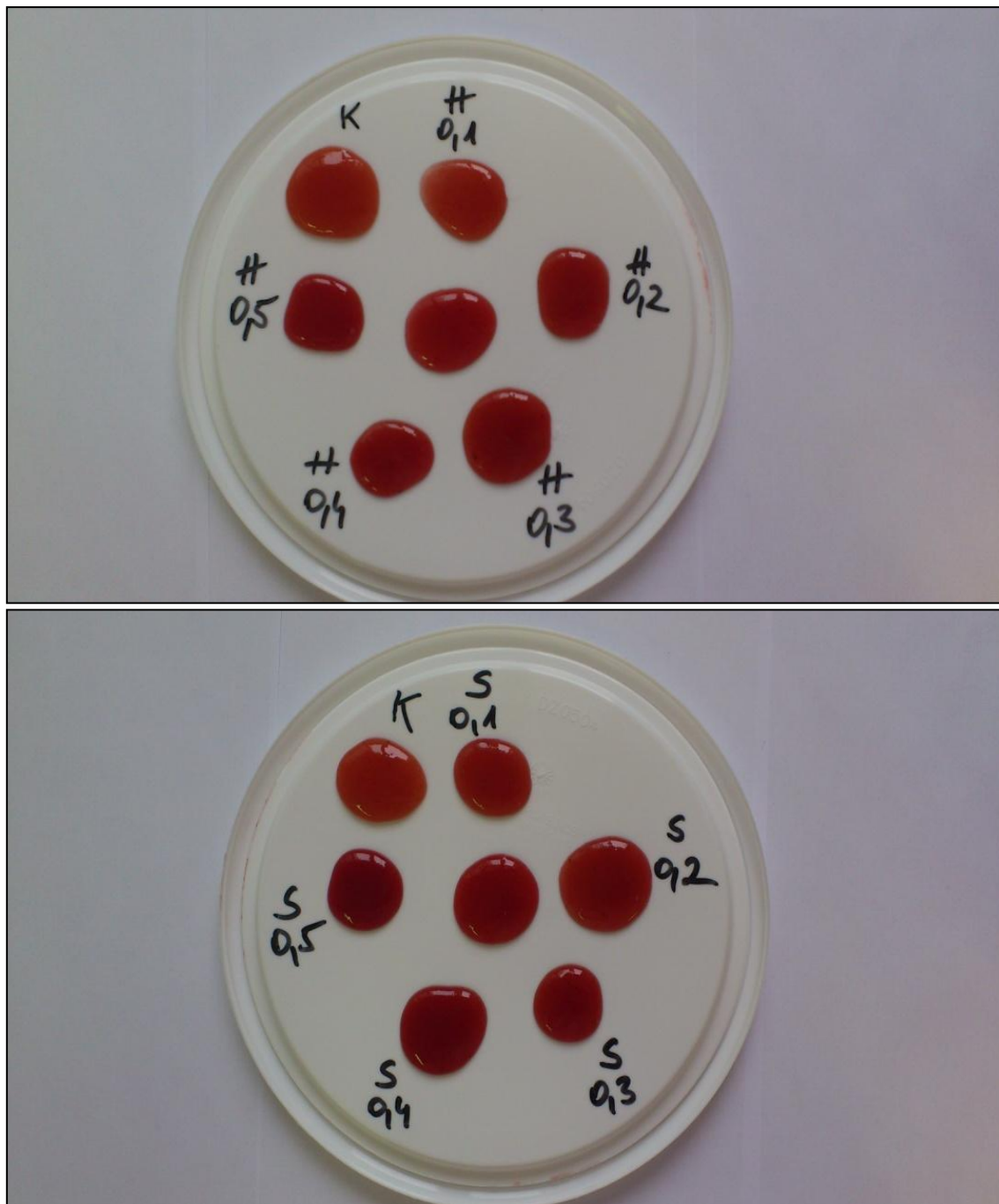
A Haschberg és a Samocco fajtából előállított sűrítményeket savanyított tejtermék, szamócás joghurt színezésére használtam fel.

Kísérleti munkám négyféle szamócás joghurt termék vizsgálatára irányult:

- színezetlen szamócás joghurt készítmény (0. minta),
- kárminnal színezett kereskedelmi forgalomban kapható szamócás joghurt készítmény (1. minta),
- Haschberg (H) fekete bodza fajtából készült sűrítménnyel színezett szamócás joghurt készítmény (2. minta),
- Samocco (S) fekete bodza fajtából készült sűrítménnyel színezett szamócás joghurt készítmény (3. minta).

A kárminnal színezett kereskedelmi forgalomban kapható szamócás joghurt készítményhez hasonló színű próbatermékeket gyártottam. 100 g színezetlen lekvárkészítményhez, amely csupán a natúr szamócavelő, 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 g Haschberg és Samocco sűrítményt

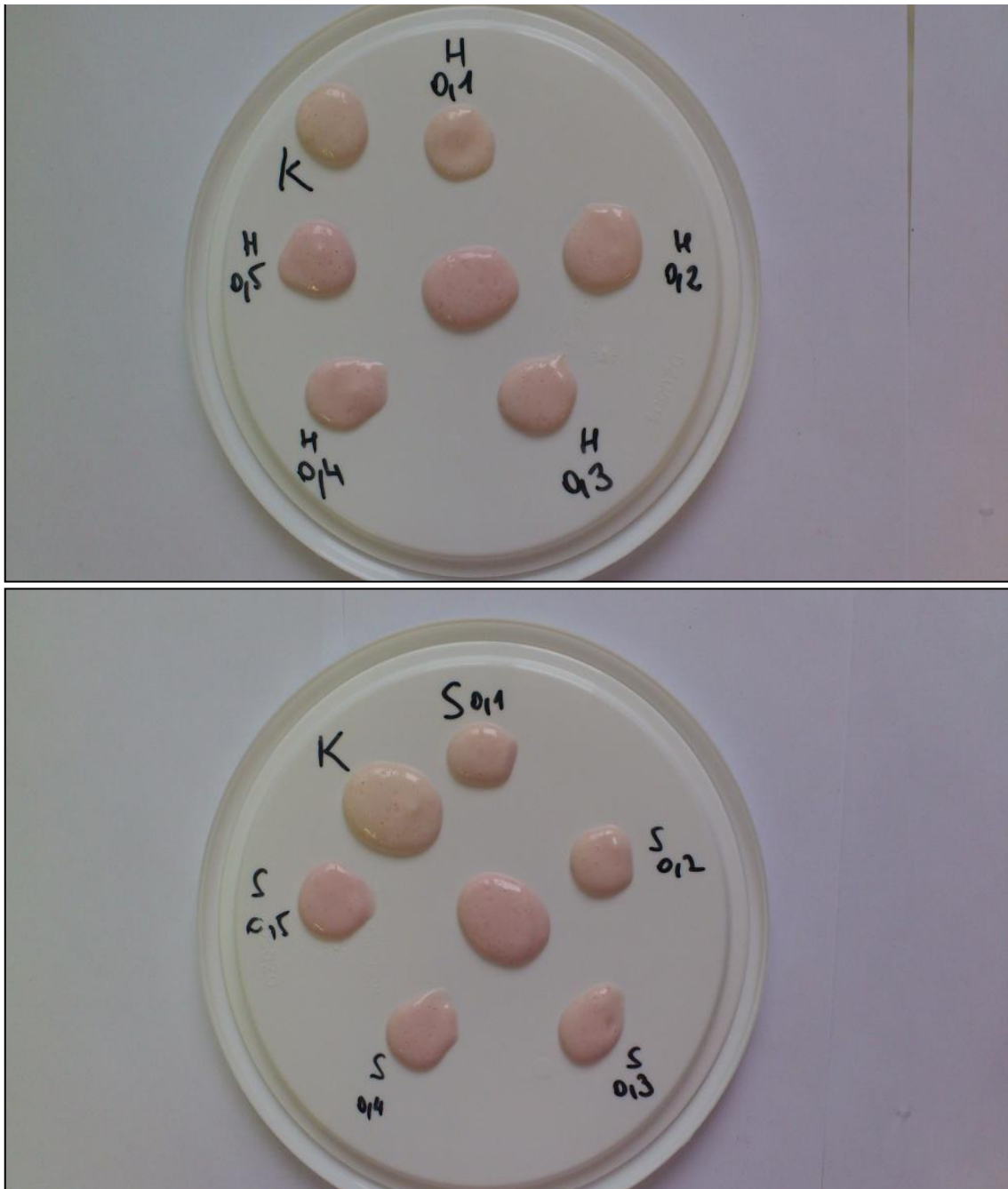
adagoltam. A próbasorozatok közül színparaméterek alapján és vizuális összevetést követően a 0,5% (m/m) Haschberggel és 0,4% (m/m) Samoccoval színezett szamócavelő színe bizonyult azonosnak az eredeti (1. minta) színezőkészítmény (kármin+szamócavelő) színével (20. ábra).



20. ábra. Haschberg (H) és Samocco (S) sűrítménnyel színezett készítmények (középen az eredeti színezőanyaggal)

A színezetlen szamócás joghurtban is kipróbáltam a próbakészítményeket (21. ábra). Mivel az eredeti termék 15% (m/m) gyümölcskészítményt tartalmaz, így ilyen mennyiségű

gyümölcskészítményt tartalmazó próbajoghurtokat is készítettem (50 g vizsgálati joghurt elkészítéséhez 7,5 g gyümölcskészítményt és 42,5 g natúr joghurt adagoltam).



21. ábra. Haschberg (H) és Samocco (S) sűrítménnyel színezett joghurtkészítmények (középen az eredeti színezett szamóças joghurttal)

Ezt követően mintatípusonként 40 x 100 ml minta legyártásához (biztonsági rászámolással 4500 g termékhez) készítettem fekete bodza sűrítménnyel színezett joghurtkészítményeket:

- Színezetlen szamóças joghurt esetében: 675 g színezetlen szamóccavelő + 3825 g natúr joghurt.

- Kárminnal színezett szamócás joghurt esetében: 675 g kárminnal színezett szamócavelő + 3825 g natúr joghurt.
- Haschberg fekete bodza fajtából készült sűrítménnyel 0,5% (m/m) színezett szamócás joghurt esetében: 671,6 g színezetlen szamócavelő + 3,4 g Haschberg koncentrátum + 3825 g natúr joghurt.
- Samocco fekete bodza fajtából készült sűrítménnyel 0,4% (m/m) színezett szamócás joghurt esetében: 672,3 g színezetlen szamócavelő+ 2,7 g Samocco koncentrátum + 3825 g natúr joghurt.

Az ily módon elkészített joghurtokból mintatípusonként 3 terméket készítettem, melyeket 5 °C-os hűtőszekrényben 6 hétig tartó tárolási kísérletnek vettem alá. A kísérleti mintákból az alábbi paramétereket határoztam meg: antocianin molekulák kvalitatív és kvantitatív analízise, színkoordináták, pH érték.

3.5. Mintaelőkészítések

A mérésekhez szükséges nyers gyümölcsöket bogyózást követően egy házi turmixgép segítségével homogenizáltam. A homogenizált mintákból kb. 15 g mennyiséget liofilizáltam (Scanvac CoolSafe™ 110-4, Lyngø, Dánia, jégcsapda: -110 °C), mely folyamat 4–5 nap alatt ment végbe. Ezt követően a fagyasztva szárított mintákat lezárva, Falkon-csövekben, sötétben tároltam. Az extrakciós eljárás LIN & HARNLY [2007] kis mértékben módosított módszere alapján történt. A liofilizált mintákból homogenizálás után 200 mg-ot mértem be egy 15 ml-es műanyag centrifugacsőbe, majd 10 ml 60% MeOH / 39% nagy tisztaságú víz / 1% hangyasav oldat hozzáadása után ultrahangos extrakció segítségével vontam ki a színanyag komponenseket. Az ultrahangos extrakció időtartama 30 perc volt, miközben a fürdő hőmérséklete nem emelkedett 35 °C fölé. Az extrakciót követően a mintákat centrifugáltam (6000 rpm, 5 perc), majd a felülúszóból vett alikvot mennyiséget vízzel négyszeresére (15% MeOH tartalomra) hígítottam. Ezután a kromatográfiás vizsgálatok elvégzéséhez az oldatot 0,2 µm pórusméretű PTFE membránszűrőn leszűrtem. Érésvizsgálat esetében mintánként öt párhuzamos kivonást végeztem.

A feldolgozás-technológiai folyamatból vett mintákat közvetlenül liofilezésnek vettem alá, majd a fentebb ismertetett LIN & HARNLY [2007] módosított eljárásával végeztem az extrakciót.

A joghurtkészítményekben történő antocianin tartalom meghatározáshoz NAGY *et al.* [2009] mintaelőkészítési módszerét alkalmaztam kisebb módosításokkal. A készítményekből vett

0,5 g mintához 2 ml metanolt adtam, majd egy 60 perces fagyasztást (-20 °C) követően 5 percig 4 °C-on centrifugáltam (3000×g). A felülúszót levéve egy másik mintatartó edénybe, az üledékhez további 2 ml 9:1 arányú metanol/hangyasav oldatot adtam, melyet szintén egy 60 perces fagyasztás és centrifugálás követett (5 perc, 4 °C, 3000×g). Ezután a felülúszót egyesítettem a korábbival, és az így kapott egyesített extraktumokat 0,3–0,5 ml térfogatig pároltam be (1 mBar, 33 °C). A bepárlási maradékot 0,5%-os hangyasav vizes oldattal hígítottam, melyet 22 mm átmérőjű 0,45 µm pórusméretű PTFE membránon szűrtem át a kromatográfiás mérés előtt.

3.6. Alkalmazott mérési módszerek

3.6.1. Antocianin molekulák meghatározása

Az antocianin molekulák kromatográfiás elemzése saját fejlesztésű módszerrel történt [SZALÓKI-DORKÓ *et al.*, 2015b]. Ehhez egy Agilent 1200-as jelű HPLC (Agilent Technologies, Waldbronn, Németország) készüléket és egy Dr. Maisch GmbH Hypersil ODS (C18) 4,0×125 mm, 3 µm kolonnát (Dr. Maisch GmbH, Ammerbuch-Entringen, Németország) használtam, mely előkísérletek alapján több kromatográfiás oszlop közül bizonyult a leghatékonyabbnak az antocianinok elválasztásához. Az elúcióhoz 0,5 V/V% hangyasavat tartalmazó nagy tisztaságú vizet (A eluens) és 0,5 V/V% hangyasavat tartalmazó acetonnitrilt (B eluens) használtam oldószerként 0,5 ml/min áramlási sebességgel és a 8. táblázatban látható gradiens programot alkalmaztam. Kezdetben 5% B-ről indult, majd 5 perc alatt lineárisan 25%-ra emelkedett. A 10. percre elérte a 100%-ot, mely 5 percig maradt állandó ezen az értéken. Ezután rögtön az eluensek kezdeti összetételére állítottam vissza a programot, és így ekvilibráltam az oszlopot még 10 percig. A detektálás minden esetben 520 nm-en történt, ahol a cianidin alapú antocianinok elnyelési maximuma található.

8. táblázat. Az antocianin molekulák elválasztásához használt gradiens elúció

Idő (min)	A%	B%	Áramlási sebesség (ml/min)
0	95	5	0,5
5	75	25	0,5
10	0	100	0,5
15	0	100	0,5
25	95	5	0,5

Az antocianin alkotók standard nélküli feltételezett azonosítására pontos tömegmérésre alkalmas tömegspektrometriás vizsgálatokat végeztem. A tömegspektrometriás vizsgálatot kromatográfias elválasztást követően hajtottam végre oly módon, hogy a diódasoros detektort (DAD) tartalmazó HPLC-Vis rendszert egy Agilent 6530 kvadrupol/repülési idő tömegspektrométer (QTOF-MS) készülékkel sorba kötve használtam. A tömegspektrométer egy elektropray (ESI) ionforrással volt felszerelve, melyet pozitív módban optimált paraméterekkel működtettem: kapilláris feszültség: 4000 V, porlasztó nyomása: 40 psi, szárítógáz sebessége: 13 l/min, hőmérséklete: 350 °C, fragmentor feszültség 140 V, tömegtartomány: 50–1100 *m/z*. A tömegpontossága 2 ppm alatti volt TOF módban, míg 20 ppm alatti QTOF módban.

A színanyag komponensek mennyiségi meghatározása a fentebb említett HPLC-UV/Vis módszerrel történt, melynek során cianidin-3-*O*-glükozid referencia standard oldatsorral felvett külső kalibrációs függvény alapján határoztam meg az alkotók koncentrációját. Ennek megfelelően a színanyag koncentrációt cianidin-3-*O*-glükozid egyenértékben (CGE) adtam meg. Az összes antocianin tartalmat (TA) az egyes alkotók koncentrációjának összegeként tüntettem fel.

3.6.2. Összes polifenol tartalom meghatározása

A vizsgált minták összes polifenol tartalmának meghatározása SINGLETON & ROSSI [1965] módszere alapján történt. A kalibrációs egyenest galluszsav segítségével vettem fel, így az értékeket galluszsav egyenértékben (GSE) adtam meg. A reakció során keletkező kék színű vegyület abszorbanciáját 765 nm hullámhosszon mértem.

3.6.3. Összes titrálható savtartalom meghatározása

Az összes titrálható savtartalmat az MSZ 750:2001 szabványnak megfelelően lúgos titrálással határoztam meg, melynek során a titráló folyadék faktorozott 0,1 n NaOH, az indikátor pedig brómtimolkék oldat (színátcsapás: sárgásból kékes-zöld) volt. Az összes savtartalom értékét %-ban adtam meg citromsavra vonatkoztatva az alábbi képlet szerint:

$$Sav (\%) = \frac{V_F \times f \times E}{V_t \times m} \times V_o \times 100$$

Sav %: savtartalom (%)

V_F : fogyás (cm^3)

f: 0,1 n NaOH-oldat faktora

E: savegyenérték (g) $E_{\text{citromsav}}$: 0,0064 g

V_t : titrált szűrletminta térfogata (cm^3)

V_0 : az a térfogat, amelyre a bemért mintát feltöltöttem (cm^3)

m: a bemért minta tömege (g)

3.6.4. Összes vízdoldható szárazanyag tartalom meghatározása

Az összes vízdoldható szárazanyag tartalmat (refrakciót) közvetlenül a nyers mintából határoztam meg digitális refraktométerek alkalmazásával. 0–55 ref% tartományban az ATAGO DBX-55 (ATAGO CO., LTD., Tokió, Japán) típusú készüléket, míg 50–90 ref% közötti minták esetében (fekete bodza sűrítmény) az ATAGO PR-301 (ATAGO CO., LTD., Tokió, Japán) digitális műszert használtam. A mérést megelőző kalibrációhoz desztillált vizet használtam.

3.6.5. pH érték meghatározása

A minták pH értékeinek mérését Testo 206 (Testo AG, Lenkirch, Németország) típusú digitális automata pH-mérővel végeztem, melyet közvetlenül a mérést megelőzően pH 4,01 és pH 7,00 kalibrációs oldatokkal kalibráltam.

3.6.6. Színkoordináták meghatározása

A fekete bodza minták extraktumainak színét (L^* , a^* , b^* koordinátáit) a 3.5. pontban bemutatott mintaelőkészítés után, a joghurtkészítmények színét közvetlenül, mintaelőkészítés nélkül határoztam meg Konica Minolta CR-400 (Konica Minolta, Tokió, Japán) típusú tristimulusos színmérő műszerrel.

9. táblázat. A vizuális érzékelés és az ΔE^* színkülönbség kapcsolata [LUKÁCS, 1982]

ΔE^*	Szemmel érzékelhető eltérés
$\Delta E^* \leq 0,5$	Nem érzékelhető
$0,5 < \Delta E^* \leq 1,5$	Alig észrevehető
$1,5 < \Delta E^* \leq 3,0$	Észrevehető
$3,0 < \Delta E^* \leq 6,0$	Jól látható
$6,0 < \Delta E^*$	Nagy

A készülék kalibrálásához a gyártó által előállított kalibráló fehér csempe etalont használtam. A készülék által jelzett paraméterek segítségével számoltam ki a színkülönbséget (ΔE^*) a következő képlet felhasználásával: $\Delta E^* = (\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2})^{1/2}$. A vizuális érzékelés és a színkülönbség közötti kapcsolatot pedig az 9. táblázat segítségével értékeltem ki.

3.7. Alkalmazott statisztikai módszerek

A fekete bodza fajták optimális érettségi állapotában mért összes antocianin tartalmára kifejtett évjárat hatását, valamint a technológiai műveletek Haschberg és Samocco fajták összes antocianin tartalmára kifejtett hatását kétmintás T-próbával (egyenlő szórásnégyzeteknél) vizsgáltam (SPSS 13.0, SPPS Inc., Chicago, USA). Szignifikánsnak tekintettem a különbséget a vizsgált csoportok között, ha $P < 0,05$. Az értékelést megelőzően a normalitást Kolmogorov-Smirnov próbával, a szórás-homogenitást Levene-teszttel igazoltam.

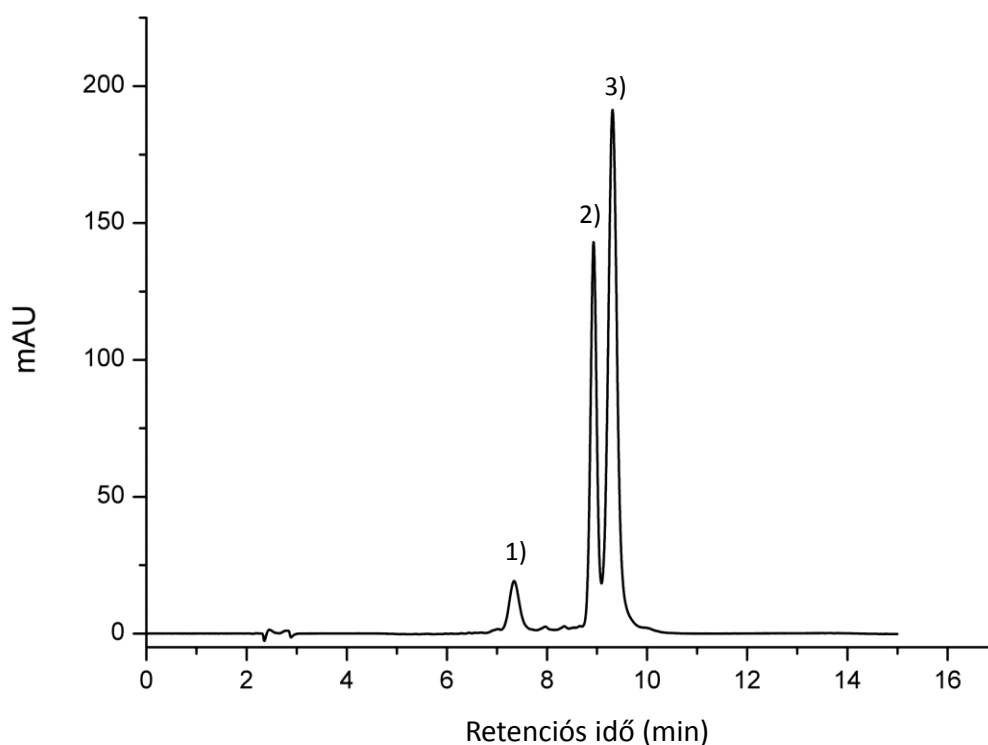
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1. Fekete bodza fajták beltartalmának változása az érés során

Ebben a szakaszban a növényi nyersanyag beltartalmi vizsgálata történt. Az antocianin profil feltárása során minőségi és mennyiségi oldalról vizsgáltam a fajták, az érési folyamat és a termőhelyek okozta eltéréseket. Mindezek alapján célom volt meghatározni egy adott fajtára jellemző, szüretelés szempontjából kulcsfontosságú optimális érettségi állapotot, mely a legnagyobb színanyag tartalommal rendelkező érettséget jelenti.

4.1.1. Antocianin molekulák értékelése

4.1.1.1. Antocianin molekulák azonosítása

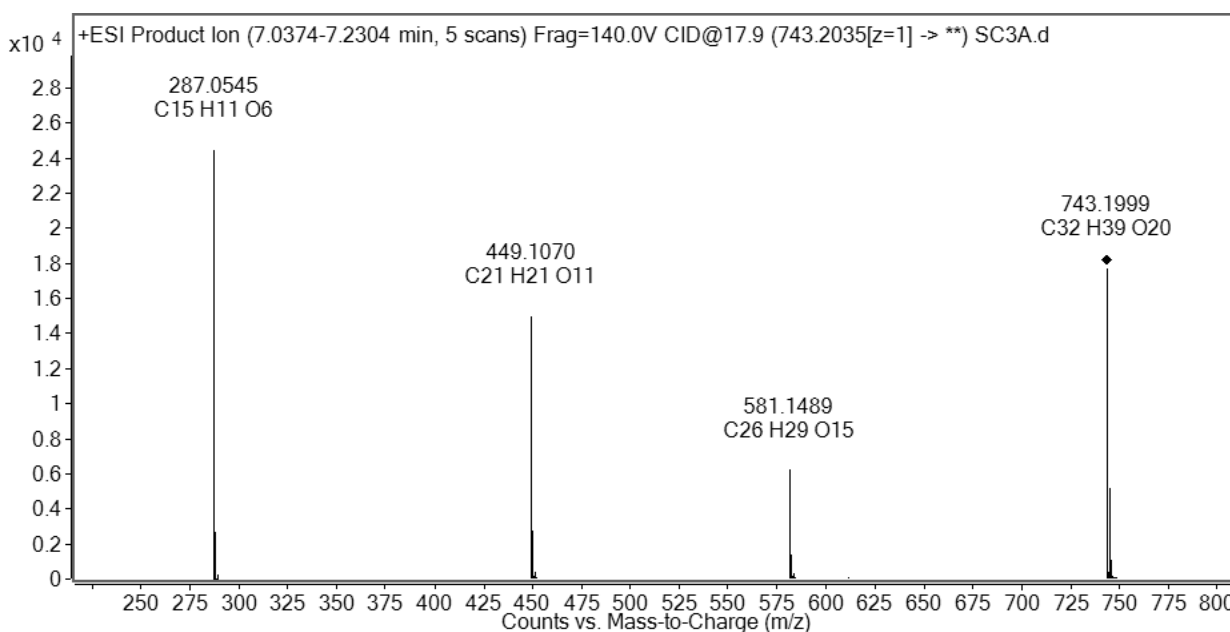


22. ábra. A fekete bodza minták 520 nm-en HPLC-UV/Vis-TOFMS rendszerrel felvett általános kromatogramja. 1) cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükózid, 2) cianidin-3-*O*-szambubiozid, 3) cianidin-3-*O*-glükózid. Az ábrán a 2012-es évjáratból Válról származó Sampo fajta 3. érettségi állapotú minta kromatogramja látható.

A fekete bodza fajták antocianin profiljának vizsgálata során elsőként az adott minták 520 nm hullámhosszon mért UV/Vis kromatogramját vettem fel (22. ábra), melynek alapján fajtától és érettségi állapottól függetlenül három antocianin komponenst mutattam ki minden extraktumban.

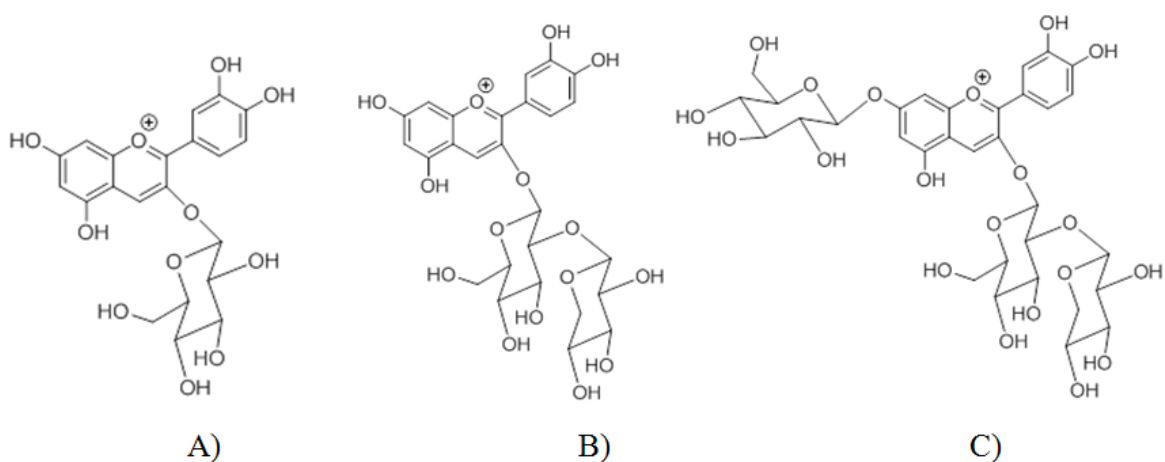
A detektált három komponens közül, a cianidin-3-*O*-glükozid (9,27 percnél eluálódik) és a cianidin-3-*O*-szambubiozid (8,91 percnél eluálódik) molekulát sikerült azonosítanom referenciaanyag alapján, melyek a fekete bodzában megtalálható két fő színanyag komponensek [HONG & WROLSTAD, 1990; KAACK & AUSTED, 1998; WU *et al.*, 2004; VEBERIC *et al.*, 2009].

A harmadik komponens esetén (7,23 percnél eluálódik) TOF tömegspektrometriás vizsgálat eredményeként a komponens monoizotópos tömege 743,2041 *m/z* értéknél határozható meg, mely a C₃₂H₃₉O₂₀ elméleti képletű alkotónak feleltethető meg. A vizsgált csúcs tisztaságáról kromatográfiai profilvizsgálattal győződtem meg. A kiemelt ionkromatogramok (angolul Extracted Ion Chromatogram, EIC) alapján elmondható, hogy a báziscsúcs és ezen kívül megjelenő egyéb alkotók eltérő kromatográfiai profillal rendelkeztek, tehát ez esetben csupán koelúció történt, a vizsgált csúcs tiszta volt. Ezután a háttérkorrekció során a csúcshatárok kerültek megállapításra a csúcs két szélén lévő maximum csúcsmagasság 10%-ánál. A szoftver által a két 10%-os magasságnál található spektrum átlaga került levonásra a teljes csúcs spektrumából, melynek során kaptam meg a háttérkorrigált spektrumok átlagát.



23. ábra. 7,23 percnél eluálódó komponens Q/TOFMS termékion spektruma a 2012-ben Nagyvenyimről származó 3-as érettségi állapotú Samocco (NV) esetében

Mivel ez a komponens a rendelkezésre álló referenciaanyagok egyikével sem mutatott egyezőséget, azonosítás céljából tovább vizsgáltam Q/TOF tandem tömegspektrometriás módszerrel, melynek eredményeként kapott termék ion spektrumot a 23. ábra mutatja. A spektrumon látható báziscsúcson kívül további három prekursor ion jelent meg. Ezek azonosítása érdekében, az MS spektrumok alapján, a pontos tömeg adatokat és az izotópmintázatot felhasználva, MassHunter B3.0 szoftvert alkalmazva összegképlet generálást alkalmaztam. Ezek alapján a 287,0561 m/z fragmens a $C_{15}H_{11}O_6$ képletű alkotónak, míg a 449,1095 m/z elméleti tömegű ion a $C_{21}O_{21}O_{11}$ és az 581,1516 m/z a $C_{26}H_{29}O_{15}$ képletű komponensnek feleltethető meg. Ezek alapján az valószínűsíthető, hogy a 287,0561 m/z elméleti tömegű alkotó a cianidin aglikon (Cy), míg a 449,1095 m/z az aglikonhoz kapcsolódó hexozil $[Cy + \text{hexozil}]^+$, 581,1516 m/z $[Cy + \text{hexozil} + \text{xilozil}]^+$, és a 743,2041 m/z $[Cy + \text{hexozil} - \text{xilozil} + \text{hexozil}]^+$. Tehát az MS és MS/MS tömegspektrumok és az 520 nm-en mért UV/Vis jel alapján a 7,23 percnél eluálódó antocianin triszacharid komponens a cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükózid, mely több tanulmány szerint a fekete bodzában megtalálható harmadik legnagyobb mennyiségű színanyag komponens [HONG & WROLSTAD, 1990; KAACK *et al.*, 2008; VEBERIC *et al.*, 2009]. Érdeemes megjegyezni, hogy a vizsgálataim idején, e komponens – a piacon található ajánlatok ellenére (pl. polyphenols.no) – kereskedelmi forgalomban, több hónapos várakozás után sem volt beszerezhető, ezért nem volt lehetőségem referenciaanyaggal is megerősíteni a feltételesen azonosított alkotót. A bodza gyümölcsben talált három antocianin komponens tehát az antocianinokra jellemző cukorszarmazékok (glikozidok) formájában van jelen. A fekete bodza mintákban detektált három cianidin-glikozid molekula szerkezeti képlete a 24. ábrán látható.

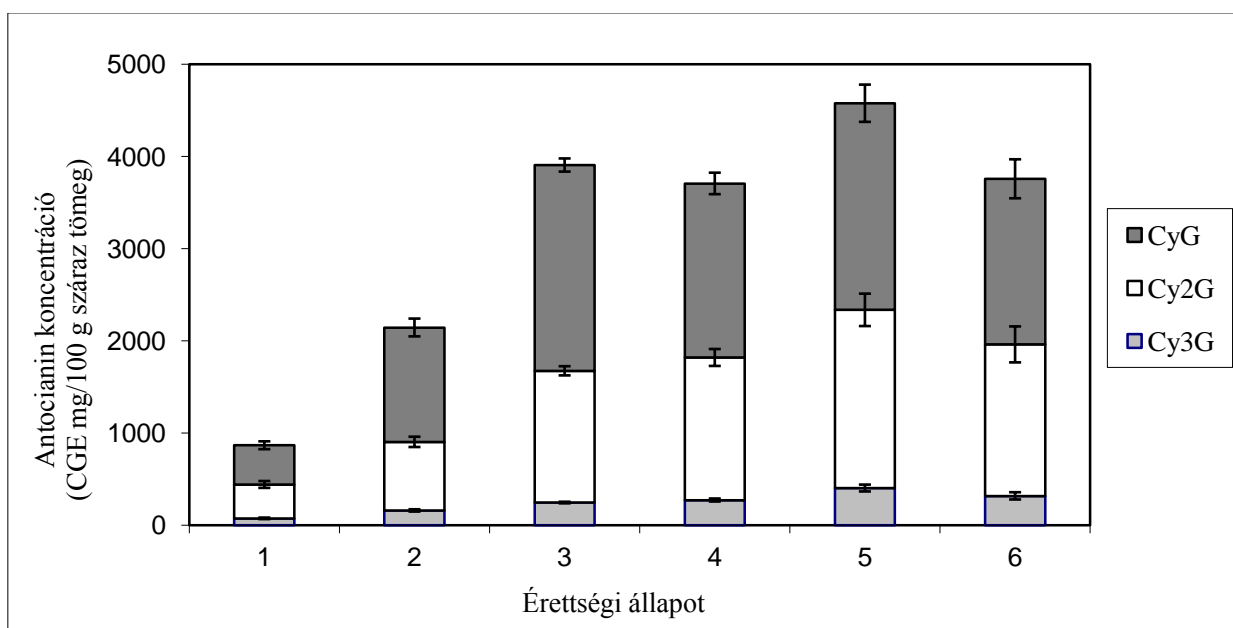


24. ábra. A fekete bodza gyümölcsében azonosított cianidin-3-*O*-glükózid (A), cianidin-3-*O*-szambubiozid (B) és a cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükózid (C) szerkezeti képlete

4.1.1.2. Antocianin molekulák mennyiségi értékelése

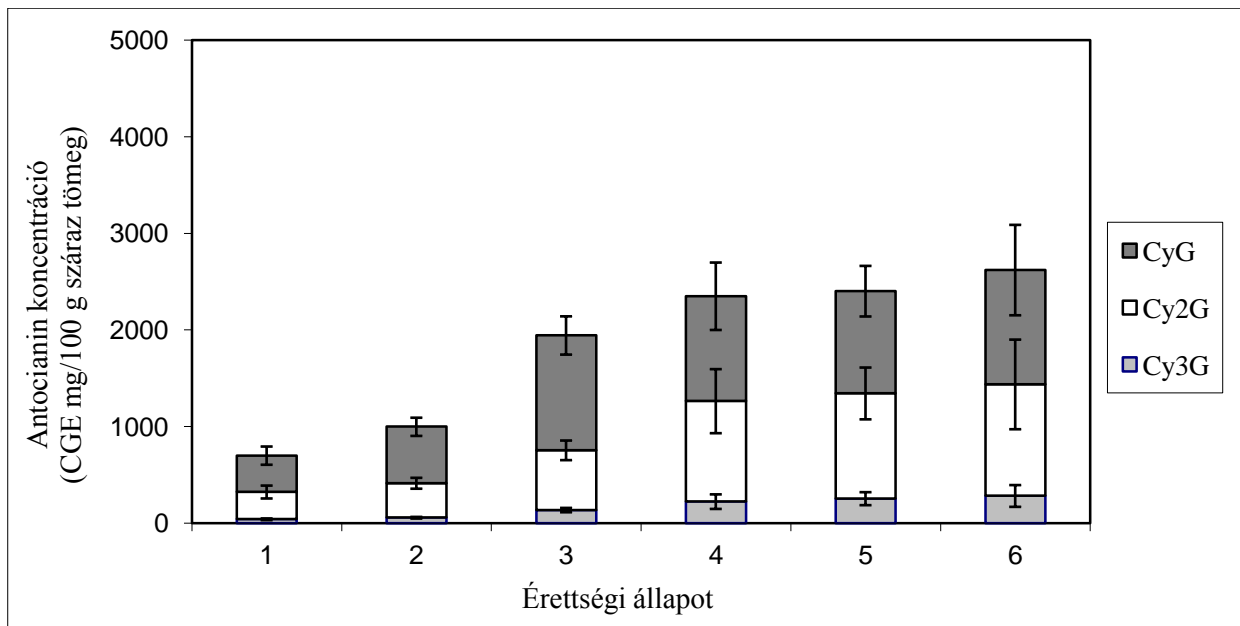
Annak érdekében, hogy az érési folyamat során vizsgálni tudjam az egyes antocianin molekulák fajtán belüli eloszlását, két éven keresztül több alkalommal (2012 és 2013) gyűjtöttem fekete bodza mintákat (lásd 3.4.1. fejezet). A vizsgálati minták esetén feltüntetett érettségi állapotok a szüret időpontja és a gyümölcs külső fizikai (szín, állag) tulajdonságainak figyelembevételével kerültek megállapításra.

Eredményeim alapján azt tapasztaltam, hogy egy maximum ponttal rendelkező érési görbét kapunk abban az esetben, ha az összes antocianin tartalmat az érettségi állapot függvényében értékeljük. Ez a görbe jellemző a legtöbb vizsgált fajtára, ugyanakkor a maximum érték elérésében időbeli eltérés van közöttük. 2012-ben például a Sampo fajta bizonyult a legkorábban érő fajtának, hiszen legkorábban érte el az 5-ös, maximum érettségi állapotot, míg ekkor a Haschbergből a 3. érési fázisban lévő bogyókat tudtam csak begyűjteni. A 2012-es évjáratban a Samyl fajta kivételével minden fajta esetében megtaláltam az antocianin tartalom szempontjából optimális, vagyis maximum érettségi állapotot az adott szüretelési időszakon belül. Az érettségi állapot függvényében felvett általános érési görbe az 25. ábrán látható.



25. ábra. Általános érési profilt mutató Sampo fajta (Nagyvenyim, 2012). CyG: cianidin-3-*O*-glükózid, Cy2G: cianidin-3-*O*-szambubiozid, Cy3G: cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükózid.

A Samyl fajta esetében felfelé ívelő érési profilt kaptam (26. ábra), tehát a begyűjtött minták nem érték el a maximális érettséget az antocianin tartalom tekintetében a vizsgált időszakban.



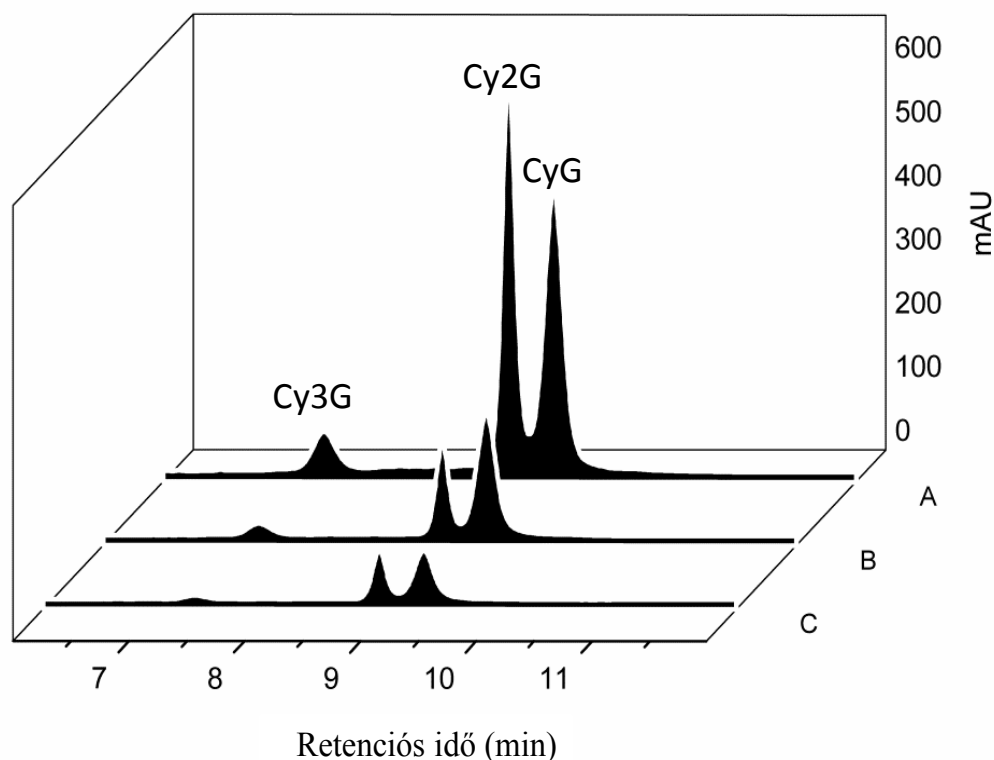
26. ábra. Felfelé ívelő érési profilt mutató Samyl fajta (Vál, 2012). CyG: cianidin-3-*O*-glükózid, Cy2G: cianidin-3-*O*-szambubiozid, Cy3G: cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükózid.

A 2013-as évben a korábbi év szüretelési időpontjaihoz igazodva az általam 4-es, 5-ös és 6-os érettségi állapotnak vélt mintákat gyűjtöttem be. Ezek alapján maximum érettségi állapotot a Samyl (NV és V) és Sampo (V) fajtáknál tudtam kimutatni, míg a többi fajta esetén felfelé ívelő, maximum antocianin tartalommal nem rendelkező érési profilt kaptam. A szüretelési időpontokat figyelembe véve megállapítható, hogy a 2012-es évjáráthoz képest néhány héttel később indultak érésnek a fajták a 2013-as évben, mely feltehetően az eltérő időjárási körülményeknek tudható be. Például 2013 júliusában jelentősen kevesebb csapadék hullott, mint a 2012-es év hasonló időszakában, valamint a tenyészidőszak korábbi szakaszában (április-június) meglévő eltérések szintén hozzájárulhattak e néhány hetes érésbeli lemaradáshoz. A fajták között jellemző érési sorrend ugyanakkor a 2013-as évben is hasonlóan alakult. Összevetve a két évjárat eredményeit, a Haschberg fajta esetében jelentős különbség adódott, ugyanis a 2012-ben meghatározott optimális szüretelési idő esetén 2013-ban már kb. 25%-kal kevesebb színanyag tartalommal rendelkező bogyókat tudtam begyűjteni. Mindezek alapján tehát az optimális szüretelési idő meghatározásához elengedhetetlen az antocianin tartalom objektív monitorozása.

Néhány esetben azonban az antocianin alkotók megoszlása a gyümölcsben fajta és érettség függő tulajdonság volt. Az eltérő antocianin profilokra a 27. ábrán mutatok be egy példát, ahol a váli 2. érettségi állapotú Haschberg és a váli 2. és 3. érettségi Sampo kromatogramja látható. Észrevehető, hogy a cianidin-3-*O*-szambubiozid (8,91 percnél eluálódik) a domináns antocianin alkotó a 2. érettségi állapotú Haschbergnél ('A' kromatogram), míg ugyanezen érettségben a Sampo esetében a cianidin-3-*O*-glükóziddal kb. azonos mennyiségben van jelen ('C'

kromatogram). A 3. érettségi állapotú Sampo esetében azonban már a cianidin-3-*O*-glükozid (9,27 percnél eluálódik) válik a legnagyobb koncentrációjú komponenssé ('B' kromatogram).

A minták többségében legnagyobb részarányban előforduló antocianin molekula a cianidin-3-*O*-glükozid (CyG), mely az összes színanyag tartalomnak kb. a fele. Kivételt képez ez alól a Samocco fajta, ahol az összes meghatározott antocianin tartalom több mint 50%-át a cianidin-3-*O*-szambubiozid (Cy2G) komponens adja, mely tulajdonság fajtaazonosítás céljára is felhasználható. Ez a két színanyag komponens található meg tehát a legnagyobb mennyiségben a vizsgált fekete bodzák gyümölcsében, mely egyezést mutat a korábban leírt irodalmi adatokkal [HONG & WROLSTAD, 1990; KAACK & AUSTED, 1998; WU *et al.*, 2004; VEBERIC *et al.*, 2009]. Méréseim szerint a harmadik azonosított molekula, a cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükozid (Cy3G) volt a legkisebb mennyiségben jelen a mintákban.



27. ábra. A fekete bodza fajták három különböző antocianin profilja (2012, V). 'A' kromatogram Haschberg 2-es érettség, 'B' kromatogram Sampo 3-as érettség, 'C' kromatogram Sampo 2-es érettség. CyG: cianidin-3-*O*-glükozid, Cy2G: cianidin-3-*O*-szambubiozid, Cy3G: cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükozid.

A fekete bodza fajták színezőképességét az optimális érettségi állapotban (legnagyobb antocianin tartalommal rendelkező érettség) mért színanyag koncentráció alapján értékelttem. A 2012-es évjáratban az összes antocianin tartalom a vizsgált mintákban 2621 és 7013 mg CGE/100 g száraz tömeg között változott, míg a 2013-as évben 1826 és 5373 mg CGE/100 g száraz tömeg közötti tartományban mozgott (10. táblázat). Ezek az eredmények összhangban vannak más szerzők adataival is [BRONNUM-HANSEN & FLINK, 1985; KAACK & AUSTED, 1998; KAACK *et al.*, 2008; VEBERIC *et al.*, 2009].

A két évjárat eredményeit összevetve azt látjuk (10. táblázat), hogy a legnagyobb színanyag tartalommal a Samocco fajta rendelkezett mindkét termőhelyen, a maximum koncentrációt 2012-ben mindkét termőhelyen az 5. érettségi állapotban érte el. A váli minta esetében 6979 mg CGE/100 g száraz tömeg értéket, míg a nagyvenyimi mintában 7013 mg CGE/100 g száraz tömeg értéket mértem. A 2013-as évben ugyanez a fajta jelentősen alacsonyabb színanyag tartalommal rendelkezett (átlagosan 28–45%-kal) mint 2012-ben, mégis az első helyen áll a rangsorban a vizsgált fajták között. A termőhely tekintetében a nagyvenyimi Samocco 1,5-ször, míg a váli Samocco közel 2,5-ször nagyobb antocianin tartalommal rendelkezett mindkét évben a többi fekete bodza fajtánál. A legalacsonyabb értéket a Samyl mutatta: 2012-ben Nagyvenyimben átlagosan 4159 és Válon 2621 mg CGE/100 g száraz tömeg, míg a következő évben Nagyvenyimben 1826 és Válon 1981 mg CGE/100 g száraz tömeg mennyiségű antocianint tartalmazott.

A Haschberg, mint Európában legnagyobb mennyiségben termesztett fekete bodza fajta, méréseim szerint átlagosan 3173 mg CGE/100 g száraz tömeg értékkel rendelkezett, mely kb. 787 mg CGE/100 g friss tömegnek feleltethető meg. Ez a megfigyelt antocianin tartalom VEBERIC *et al.* [2009] eredményeivel hasonlóságot mutat, hiszen 737 mg CGE/100 g friss tömeg értékről számolt be. Egy hasonló érésvizsgálati tanulmányban a Samocco, Sampo és Haschberg fajtákat összehasonlítva, a Sampo bizonyult a legnagyobb (1900 mg CGE/100 g száraz tömeg), míg a Samocco a legkisebb (1480 mg CGE/100 g száraz tömeg) antocianin tartalmú mintának a maximális érettségi állapotban [KAACK *et al.*, 2008]. Ebben a kutatásban (1771 mg/100 g száraz tömeg), valamint LEE & FINN 2007-es munkája során (219 mg/100 g száraz tömeg) a Haschberg alacsonyabb értékkel rendelkezett az általam mért adatoknál. Ugyanakkor FEJÉR *et al.* [2015] tanulmánya több mint 6000 mg/100 g száraz tömeg összes antocianin koncentrációról számolt be az osztrák fajta esetében.

Munkám során a két évjárat eredményeiből származó jelentős különbségek (19–66%) miatt nem tudtam egyértelmű rangsort felállítani a fajták között a maximum összes antocianin tartalmat tekintve, azonban látható, hogy a Samocco fajta a 2012 és 2013-as évben is átlagosan a legnagyobb pigment tartalommal rendelkezett. Saját eredményeimben és mások által közölt

irodalmi adatokban egyaránt tapasztalható nagyfokú eltérések vélhetően azt jelzik, hogy a termőhely és a vizsgálati évre jellemző éghajlati viszonyok (napsütéses órák száma, esős napok száma stb.) jelentős mértékben befolyásolják a fekete bodza fajták színanyag tartalmát. Példaként említhető, hogy a legnagyobb különbséget a Nagyvenyimről származó Samyl fajtánál figyeltem meg (Vál: 35%, Nagyvenyim: 65%), ahol az átlagos TA érték 2013-ban 1906 mg CGE/100 g száraz tömeg, mely érték több mint kétharmaddal alacsonyabb a korábbi évhez képest. Az összes maximális antocianin tartalomra vetített legkisebb eltérést a Sampo esetében kaptam (Vál: 19%, Nagyvenyim: 31%) a vizsgált évjáratok között. Általánosan elmondható, hogy a 2012-es évben a Nagyvenyimben termesztett fekete bodza bogyók 2-szer nagyobb összes antocianin tartalmat mutattak, mint a váli fajták. Különösen igaz ez a Samyl fajtára, ahol a legjelentősebb termőhelyből adódó különbséget tapasztaltam.

10. táblázat. A vizsgált fekete bodza fajták antocianin tartalom értékei az optimális érettségi állapotban (mg CGE/100 g száraz tömeg)

Fajta	Termőhely	Optimális érettség		Cy3G		Cy2G		CyG		TA	
		2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Samocco	V	5	6	604±95,4	455±64,8	3942±606	3118±439	2432±355	1801±248	6979±1056	5373±751*
	NV	5	6	535±86,8	393±105	3833±609	1372±339	2645±429	877±222	7013±1125	2641±666*
Samident	V	5	5	252±42,6	246±50,3	1196±206	1590±309	1263±224	1863±359	2711±472,6	3699±718*
	NV	3	5	300±23,4	390±85,4	2051±119	2102±435	2457±122	1676±355	4809±264,4	4168±875*
Haschberg	V	6	6	333±63,8	142±23,8	1369±265	747±119	1107±217	991±158	2809±545,8	1880±300
	NV	4	6	358±35,2	249±11,6	1984±188	1679±61,0	2378±222	1553±47,0	4720±445,2	3282±119*
Sampo	V	5	5	258±10,4	269±52,9	1348±47,6	1280±254	1759 ±81,4	1395±281	3365±139,4	2943±587*
	NV	5	6	402±37,2	248±54,2	1933±176	1203±274	2242 ±202	2065±478	4577±415,2	3516±806
Samyl	V	6	5	282±113	185±67,5	1155±464	871±311	1184±468	925±336	2621±1045	1981±714
	NV	6	6	364±61,8	193±47,5	2282±379	886±218	1513±252	747±183	4159±692,8	1826±448*

A táblázatban az átlagos értékeket tüntettem fel (n=5) ± szórás értékkel. * jelöli a két évjárat közötti szignifikáns különbséget (P<0,05) az összes antocianin tartalom esetén. NV: Nagyvenyim, V: Vál

4.1.2. Összes vízdíható szárazanyag tartalom értékelése

Annak érdekében, hogy egy fekete bodza fajta optimális szüretelési idejét meg tudjuk határozni, továbbá színező élelmiszerként tudjuk értékelni, az antocianin tartalom mellett elengedhetetlen a szárazanyag tartalom figyelembevétele. Ugyanis minél magasabb a gyümölcs szárazanyag tartalma, annál kevesebb vizet szükséges elpárologtatni a technológia során a kívánt koncentrátum eléréséhez, vagyis annál nagyobb értéket képvisel.

Ennek megfelelően munkám során a nyers minták szárazanyag tartalma is meghatározásra került az összes vizsgált fajta és érettség szerint friss állapotban (nem liofilizált állapotban).

Hasonlóan az antocianin tartalom eredményekhez, a 2013-as évben alacsonyabb értékeket mértem a 2012-es évjárat eredményeihez képest. KAACK 1990-es tanulmányához hasonlóan, az érettségi állapot előrehaladásával összhangban emelkedő ref% adatokat figyeltem meg minden fekete bodza fajta esetében, melyek 2012-ben 11,7 és 17,9 ref% között, míg 2013-ban 7,7 és 14,1 ref% érték között változtak az optimális érettségi állapotban. Hasonló eredményekről számolt be több szerző is [LEE & FINN, 2007; KAACK *et al.*, 2008; CASATI *et al.*, 2012]. A váli Haschberg fajtánál a 2012-es évben kiemelkedően nagy szárazanyag tartalom értéket mértem (17,9 ref%).

Annak érdekében, hogy a legnagyobb színanyag tartalmú Samocco színező élelmiszerként történő felhasználhatóságát értékelni tudjam, a friss tömegre átszámolt optimális érettségi állapotban mért TA értékét összevettem a többi vizsgált fajta értékével, különös tekintettel a Haschberg fajtára, mint hazánkban és Európában a legelterjedtebb fajtára. Magas szárazanyag tartalmú nyersanyagot gazdaságosabban lehet sűríteni a végtermékre jellemző (pl.: 65 ref%) értékre. Ugyanakkor, a vízdíható szárazanyag tartalom nem csupán pigmentekből tevődik össze, ezért az értékelés során bevezettem egy új mutatót. Normalizáltam az összes színanyag tartalmat az optimális érettségben mért összes vízdíható szárazanyag tartalomra vetítve (TA/Ref) fajtánként, majd így is elvégeztem az összehasonlítást (11. táblázat). A TA/Ref érték egy olyan összetett minőség jellemzője a bodzagyümölcsnek, mely nem közvetlenül mutatja, de információt szolgáltat arról, hogy a vízdíható száraz anyagnak mekkora hányadát teszik ki a pigmentek. Minél nagyobb ez az érték, annál több pigment várható egységnyi szárazanyag tartalomra vetítve a besűrített végtermékben, azaz annál jobb minőségű sűrítmenyről beszélhetünk. A táblázat eredményei alapján is jól látható, hogy a fajtákat összehasonlítva, a Samocco bizonyult a legnagyobb

antocianin koncentrációval rendelkező fekete bodzának az optimális érettségi állapotban. Mindezek mellett a TA/Ref hányadosa is egy kivétellel a legnagyobb. Mindebből az következik, hogy a feldolgozás során azonos szárazanyag tartalomra történő koncentrálás esetén, ebből a fajtából készült sűrítmény egységnyi térfogata lényegesen több pigmentet fog tartalmazni, mint a többi vizsgált fajta esetén várható mennyiség.

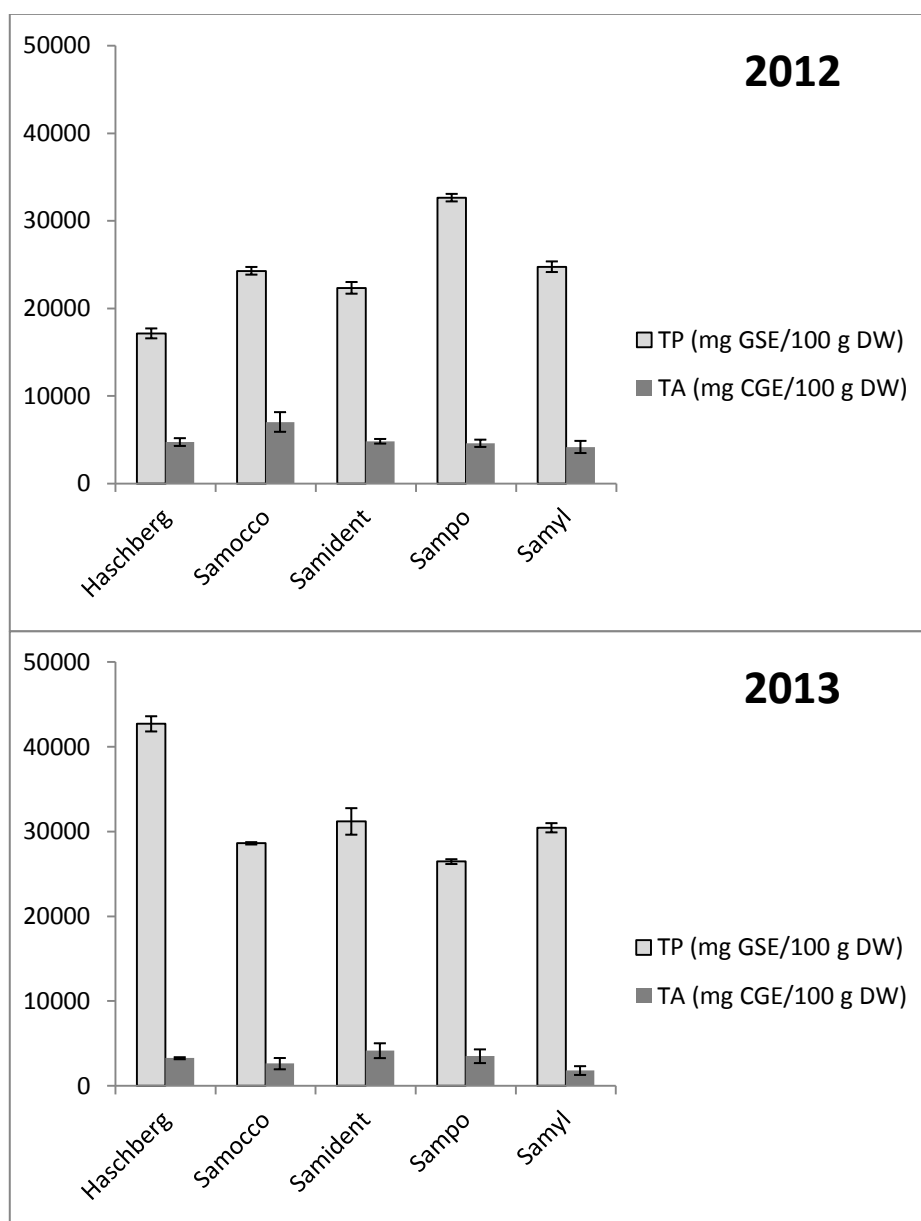
11. táblázat. A vizsgált fekete bodza fajták összes antocianin tartalom (mg CGE/100 g friss tömeg) és a refrakció (%) értékeinek összevetése a Samocco fajta adataival az optimális érettségi állapotban.

Termőterület	2012			2013			2012			2013			2012		2013	
	TA	Ref	TA/Ref	TA	Ref	TA/Ref	TA	Ref	TA/Ref	TA	Ref	TA/Ref	TA/TA	(TA/Ref)/(TA/Ref)		
	Haschberg						Samocco						Samocco/Haschberg			
NV	1025	14,4	71	773	13,6	57	1519	14,8	103	827	10,5	79	1,48	1,07	1,53	1,38
V	875	17,9	49	474	11,3	42	1671	14,4	116	1209	14,1	86	1,91	2,55	2,38	2,04
	Sampo						Samocco/Sampo									
NV	1081	14,2	76	689	10,8	64							1,41	1,20	1,44	1,24
V	702	13,8	51	536	12,3	44							2,38	2,26	2,28	1,97
	Samident						Samocco/Samident									
NV	951	11,7	81	791	7,7	103							1,60	1,05	1,26	0,77
V	621	14,0	44	817	12,4	66							2,69	1,48	2,62	1,30
	Samyl						Samocco/Samyl									
NV	1002	14,3	70	368	9,9	37							1,52	2,25	1,46	2,12
V	638	15,2	42	388	12,4	31							2,62	3,11	2,77	2,74

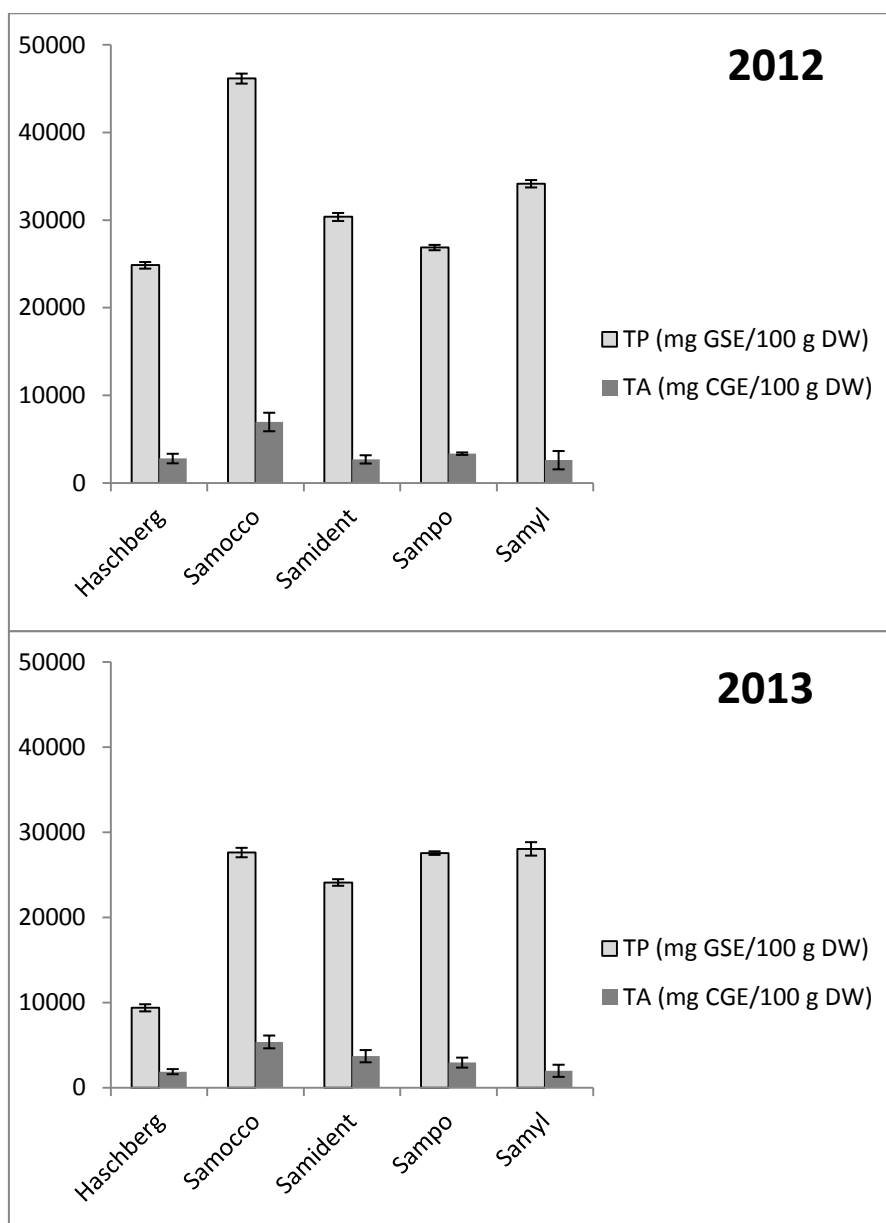
NV: Nagyvenyim, V: Vál; TA: összes antocianin tartalom; Ref: refrakció%

4.1.3. Összes polifenol tartalom értékelése

A fekete bodza fajták összes polifenol (TP) tartalmát szintén két évjáraton keresztül (2012–2013), két termőhelyről származó minták esetében vizsgáltam. Általánosságban megfigyelhető volt az érés során a polifenolos vegyületek mennyiségének növekedése mindkét termőhelyen. A 28. és 29. ábrán kiemeltem az optimális érettségi állapotban mért adatokat, valamint összefüggést keresve együttesen ábrázoltam az összes antocianin tartalom értékeivel.



28. ábra. Nagyvenyimről származó minták összes polifenol tartalom és összes antocianin tartalom értékei az optimális érettségi állapotban fajta és évjárat szerint. TP: összes polifenol tartalom, TA: összes antocianin tartalom, GSE: galluszsav egyenérték, CGE: cianidin-3-O-glükozid egyenérték, DW: száraz tömeg.



29. ábra. Várlól származó minták összes polifenol tartalom és összes antocianin tartalom értékei az optimális érettségi állapotban fajta és évjárat szerint. TP: összes polifenol tartalom, TA: összes antocianin tartalom, GSE: galluszsav egyenérték, CGE: cianidin-3-*O*-glükózid egyenérték, DW: száraz tömeg.

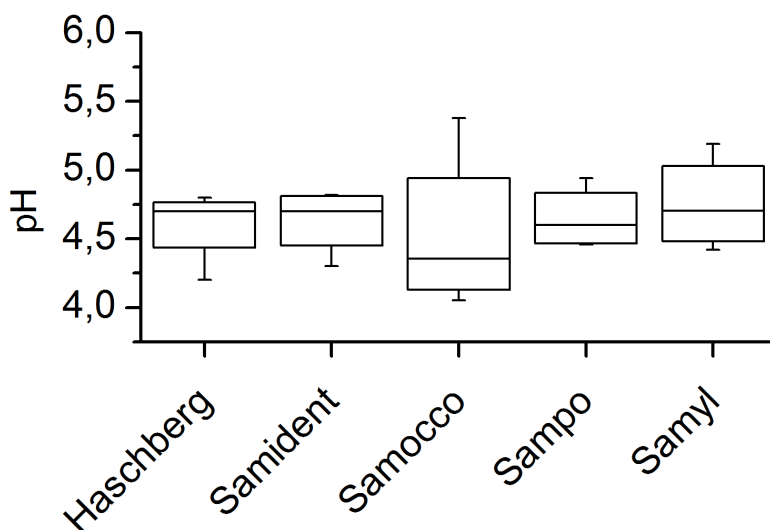
Önmagában az összes polifenol tartalmat tekintve a 2012-es évben termesztett fajták közül a nagyvenyimi Sampo és a váli Samocco tűnik ki. Utóbbi fajtánál kiemelkedő adatot mértem, az összes polifenol tartalom meghaladta a 46000 mg GSE/100 g száraz tömeg értéket is. 2013-ban a Nagyvenyimben szüretelt Haschberg (42716 mg GSE/100 g száraz tömeg), míg Válon szintén a Samocco rendelkezett a legnagyobb értékkel (27627 mg GSE/100 g száraz tömeg). Az évjáratból adódó eltérés legnagyobb mértékben a nagyvenyimi Haschberg fajtánál mutatkozott meg, ugyanis 2013-ban 60%-kal nagyobb TP értéket mértem a korábbi évhez képest. Az átlagos

értékeket tekintve a dán Samocco fajta rendelkezett a legnagyobb TP tartalommal a vizsgálatok során, mely összhangban van az antocianin tartalom eredményeivel is, azonban a többi fajta esetén egyik mért paraméter szerint sem lehetett egyértelmű sorrendet felállítani.

Összevetve a TP és a TA eredményeket, több fajta esetén fordított tendenciát tapasztaltam közöttük. Egyes fajták esetében (például Haschberg, 2013, NV) a magas összes polifenol tartalomhoz alacsony összes színanyag tartalom párosul (7,7%), mely különbség feltehetően abból ered, hogy a bogyóban lévő színes antocianin molekulákon kívül egyéb szintelen fenolos savak, illetve az aszkorbinsav együttesen alakítják az összes polifenol tartalmat. A Samocco fajta esetében a TA részaránya átlagosan 18% a TP-hez hasonlítva, mely a vizsgált fajták között a legnagyobb. Ez a tulajdonság vélhetően szerepet játszik abban is, hogy a Samocco rendelkezik a technológiai szempontból fontos legnagyobb TA/Ref aránnyal is.

4.1.4. pH érték és összes titrálható savtartalom értékelése

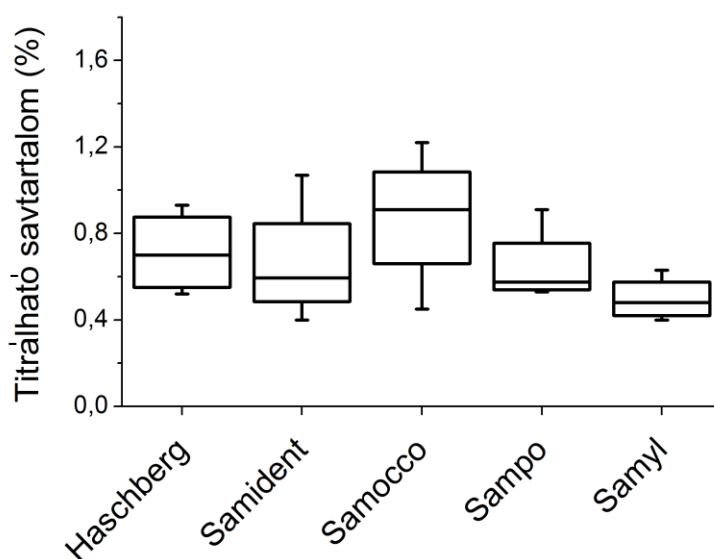
Általánosan elmondható, hogy az elvártaknak megfelelően az érési folyamat előrehaladtával adott fajta pH értéke folyamatosan emelkedett, a titrálható savtartalma pedig a savak bomlása és átalakulása révén csökkent.



30. ábra. A vizsgált fajták optimális érettségi állapotában mért pH értékei

A vizsgált fajták optimális érettségi állapotában mért átlagos pH és titrálható savtartalom értékeit évjárattól és termőhelytől függetlenül az 30. és 31. ábrán mutatom be. A pH értékek 4,1 és 5,1% között (30. ábra), a vizsgált fajták titrálható savtartalom átlagos értékei 0,4 és 1,2% között változtak (31. ábra). Az adatokban mért legnagyobb szóródást a Samocco esetében

figyeltem meg, mely technológiai szempontból, színező élelmiszerként történő felhasználásnál előnytelen tulajdonság is lehet. Ugyanakkor, a többi vizsgált fajtához hasonlóan, a Samocco évjárattól és termőhelytől függetlenül nagyobb titrálható savtartalommal (lásd 31. ábra) és ebből következően alacsonyabb pH értékkel bírt (lásd 30. ábra). Ez a tulajdonság pedig előnyösnek tekinthető savas kémhatású, savanyított termékekben történő felhasználásnál. Hiszen az eleve savasabb Samocco kivonat saját kémhatásán tapasztalható eredeti színe és a savas termékben kialakuló színe közti különbség kevésbé lesz markáns. A többi fajta között nem találtam különbséget az átlagos pH és titrálható savtartalom értékben.



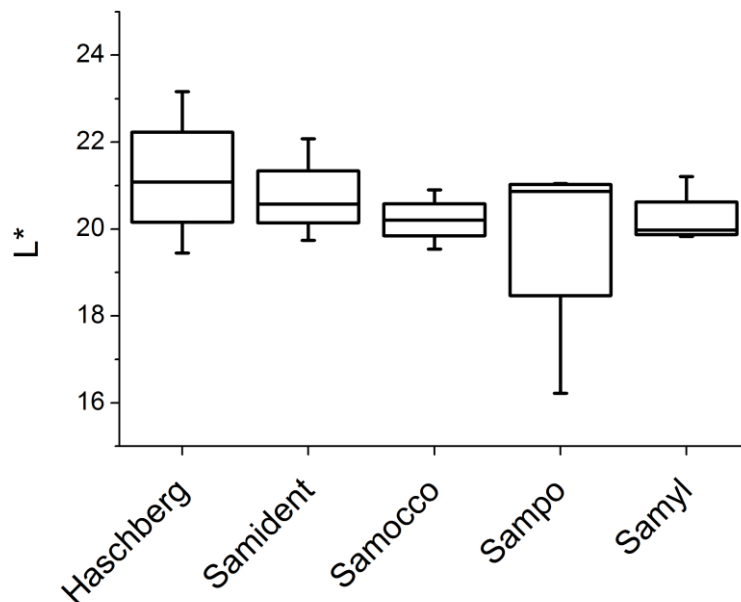
31. ábra. A vizsgált fajták optimális érettségi állapotában mért titrálható savtartalom értékei

4.1.5. Színkoordináták értékelése

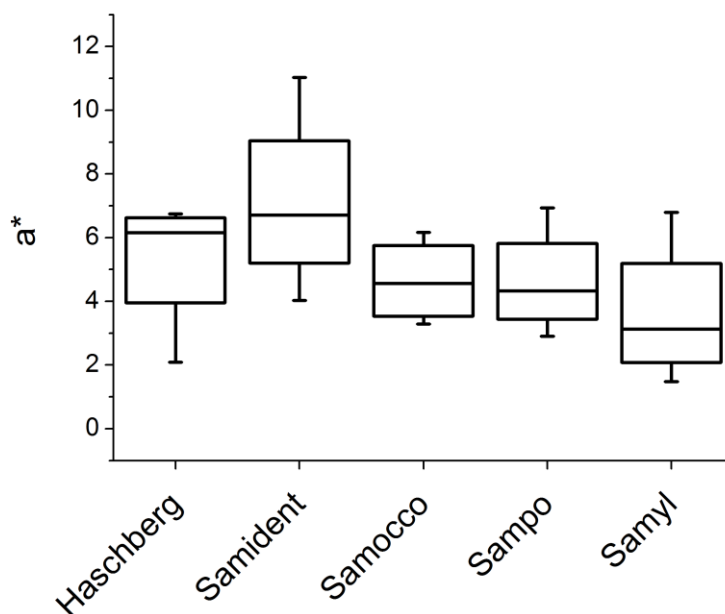
Mivel az antocianinok fő felhasználási célja a különböző élelmiszerek pirosas, lilás árnyalatának kialakítása, a fajták célirányos felhasználása miatt fontos lehet annak ismerete, hogy a fajták közt van-e eltérés a pirosas és kékes színárnyalatban. Ennek érdekében színmérést végeztem a különböző érettségi állapotú fajták esetében. A 32.–34. ábrákon a vizsgált fajták optimális érettségi állapotában mért színkoordináták értékei láthatóak évjárattól és termőhelytől függetlenül.

Általánosságban elmondható, hogy az érési folyamat során a minták színe az érettségi állapot előrehaladtával egyre intenzívebb és sötétebb volt. A világossági tényező (L^*) értékei

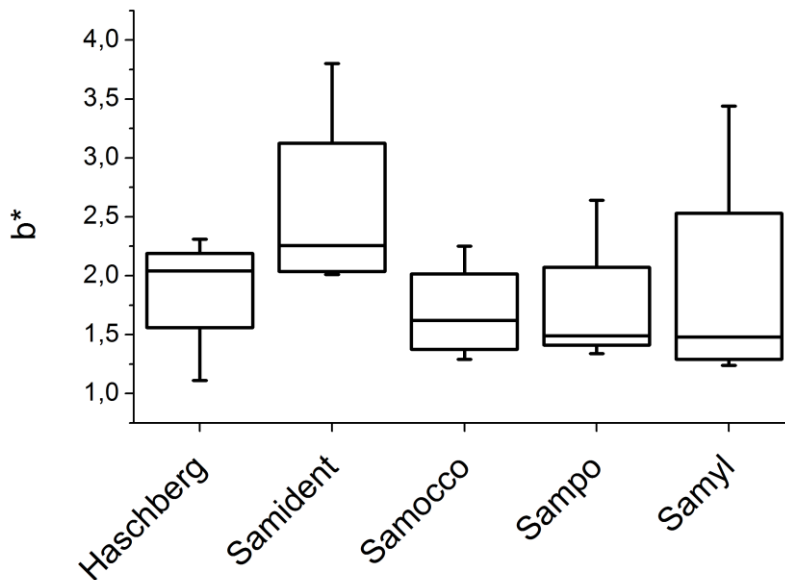
16,22 és 21,36 között (32. ábra), az a^* értékei 1,48 és 11,03 között (33. ábra), míg a b^* értékei 1,11 és 3,80 között (34. ábra) változtak. A vizsgált fajták között nem találtam jelentős különbséget, minden minta közel azonos színparaméterekkel rendelkezett.



32. ábra. A világossági tényező (L^*) értékei az optimális érettségi állapotban fajták szerint



33. ábra. A vörös tényező (a^*) értékei az optimális érettségi állapotban fajták szerint



34. ábra. A kék tényező (b^*) értékei az optimális érettségi állapotban fajták szerint

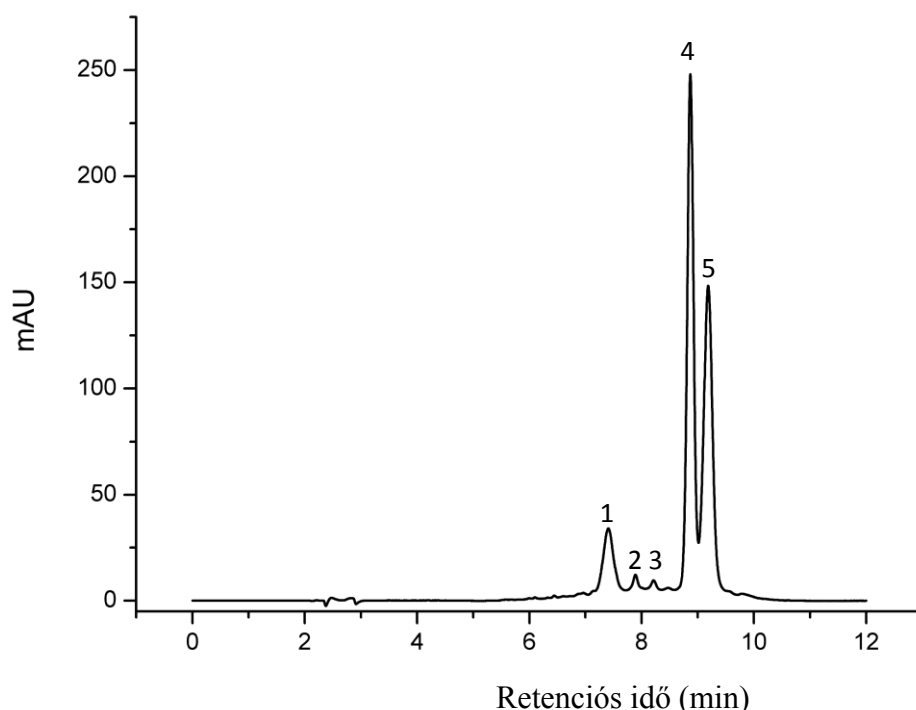
Kutatásom első szakaszának összefoglalásaképpen megállapítható, hogy a vizsgált fekete bodza fajtákban három cianidin alapú antocianin molekulát azonosítottam, melyeknek előfordulási mennyisége fajtánként és érettségi állapotként eltérő. Színező élelmiszer előállítás szempontjából vizsgálataim alapján a Samocco bizonyult a legígéretesebb fajtának, ugyanis az optimális érettségi állapotban mindkét vizsgált évjáratban termőhelytől függetlenül mind antocianin tartalom, mind vízoldható szárazanyag tartalom tekintetében kiemelkedő értékekkel rendelkezik. A Samocco fajtának további sajátossága az egyedi antocianin profil, ugyanis a cianidin-3-*O*-szambubiozid koncentrációja az optimális érettségi állapotban meghaladja a gyümölcsben található összes antocianin tartalom 50%-át. Feldolgozás szempontjából a dán Samyl fajta rendelkezett mindkét évjáratban a legalacsonyabb értékekkel, míg a Haschberg eredményeit tekintve a középmezőnyben foglalt helyet.

4.2. Antocianin tartalom változása a feldolgozás-technológia során

A kutatásom ezen szakaszában arra kerestem választ, hogy az iparban alkalmazott sűrítmény-gyártás technológiai lépéseinek hatására bekövetkeznek-e és ha igen, milyen változások történnek a vizsgált fekete bodza fajták antocianin készletében. A kísérleteket az érésvizsgálati eredmények alapján a színező élelmiszer-előállítás szempontjából legértékesebbnek vélt dán Samocco fajtával végeztem, ugyanis az optimális érettségi állapotban termőhelytől függetlenül mind antocianin tartalom, mind vízdoldható szárazanyag tartalom tekintetében kiemelkedő értékekkel rendelkezik. Másik vizsgált fajta a hazánkban standard fajtának tekintett Haschberg volt [SZALÓKI-DORKÓ *et al.*, 2016].

4.2.1. Antocianin molekulák azonosítása

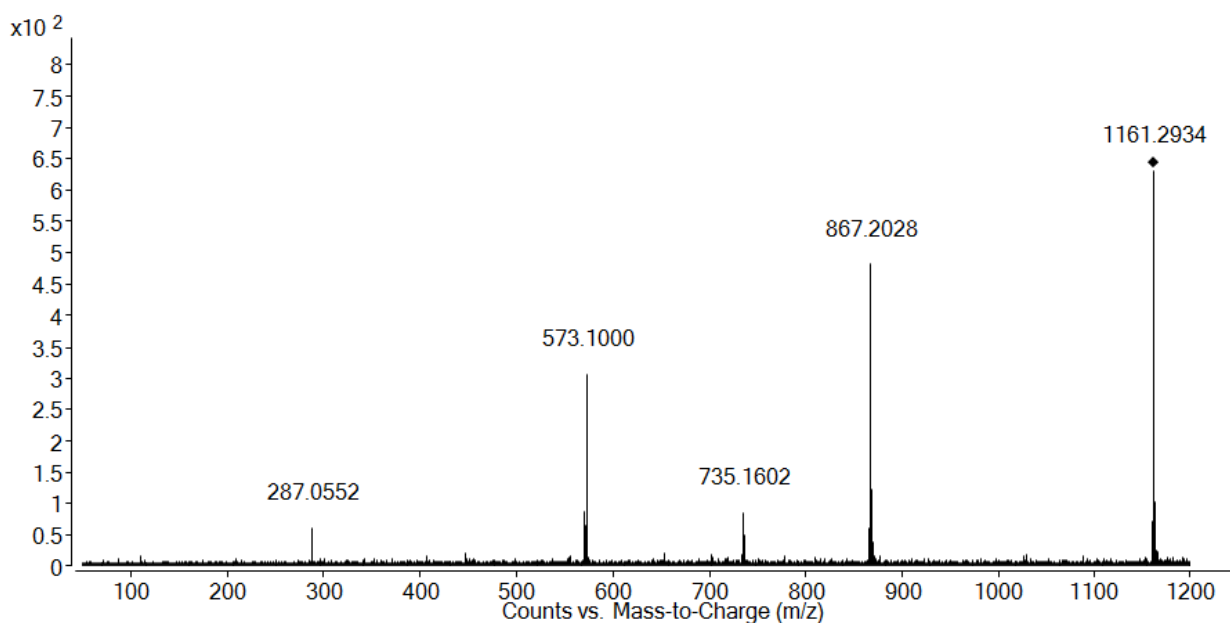
A kiindulási bodzaminták (0. szakasz) mindegyikénél a már ismert három antocianin alkotót (35. ábra) találtam (cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükózid (1. csúcs), cianidin-3-*O*-szambubiozid (2. csúcs), cianidin-3-*O*-glükózid (5. csúcs)).



35. ábra. A technológiai minták 520 nm-en HPLC-UV/Vis-TOFMS rendszerrel felvett általános kromatogramja. 1) cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükózid, 2-3) új antocianin alkotók, 4) cianidin-3-*O*-szambubiozid, 5) cianidin-3-*O*-glükózid.

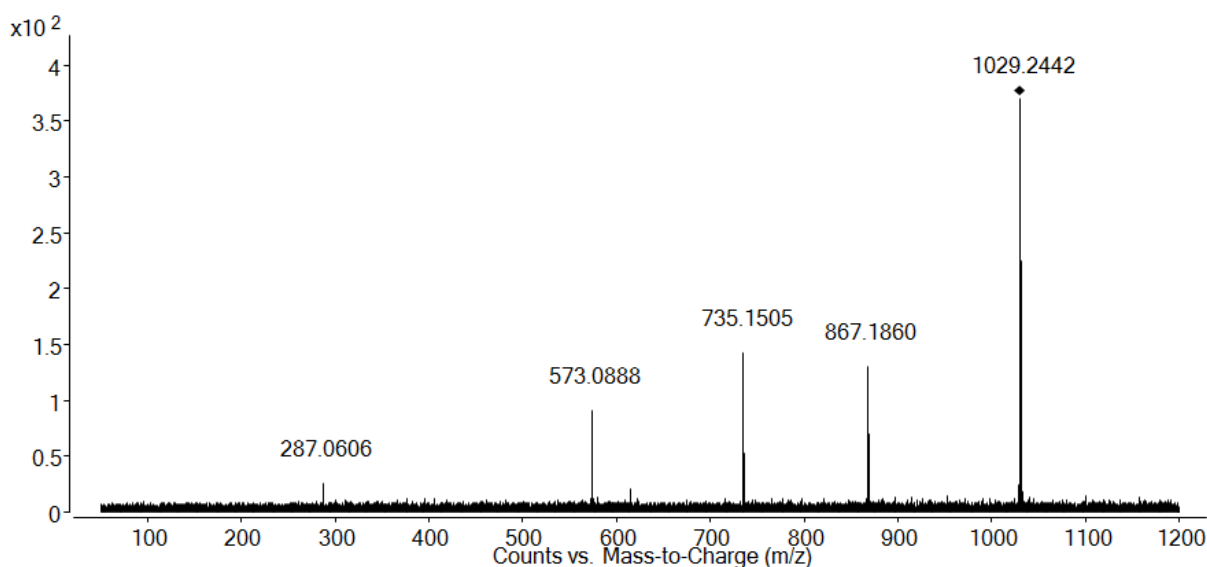
A fekete bodza mintákból mért UV/Vis kromatogramon 520 nm hullámhosszon ugyanakkor további két komponens (vagyis két újabb csúcs) jelent meg, melyek az alkalmazott gradiens programban 7,91 (2. csúcs) és 8,23 percnél (3. csúcs) eluálódtak (35. ábra).

Ezek a komponensek már a technológia 3. lépésétől jelen voltak, vagyis a felmelegítés-lehűtés szakaszától kezdve, és az utolsó, bepárlási művelet után is detektálhatóak voltak. Annak érdekében, hogy a feltételezhetően hő hatására keletkező molekulákat azonosítani tudjam, HPLC-Q/TOFMS vizsgálatokat végeztem. A 7,91 percnél eluálódó komponens pontos monoizotópos tömegét 1161,2934 m/z értéknél határoztam meg, míg a 8,23 percnél jelet adó csúcs 1029,2442 m/z értékűnek mutatkozott, melyek a $[C_{52}H_{57}O_{30}^+]$ és a $[C_{47}H_{49}O_{26}^+]$ elméleti képleteknek feleltethetők meg. Az ily módon meghatározott molekulák szerkezetének pontos megismerése céljából Q/TOFMS fragmentációt alkalmaztam (fragmentorfeszültség 210 V), melynek eredményeként a 1161,2934 m/z és 1029,2442 m/z tömegű báziscsúcsokon kívül négy fragmens molekulát detektáltam (36. és 37. ábra).



36. ábra. 7,91 percnél érkező antocianin csúcs Q/TOFMS termék ion spektruma

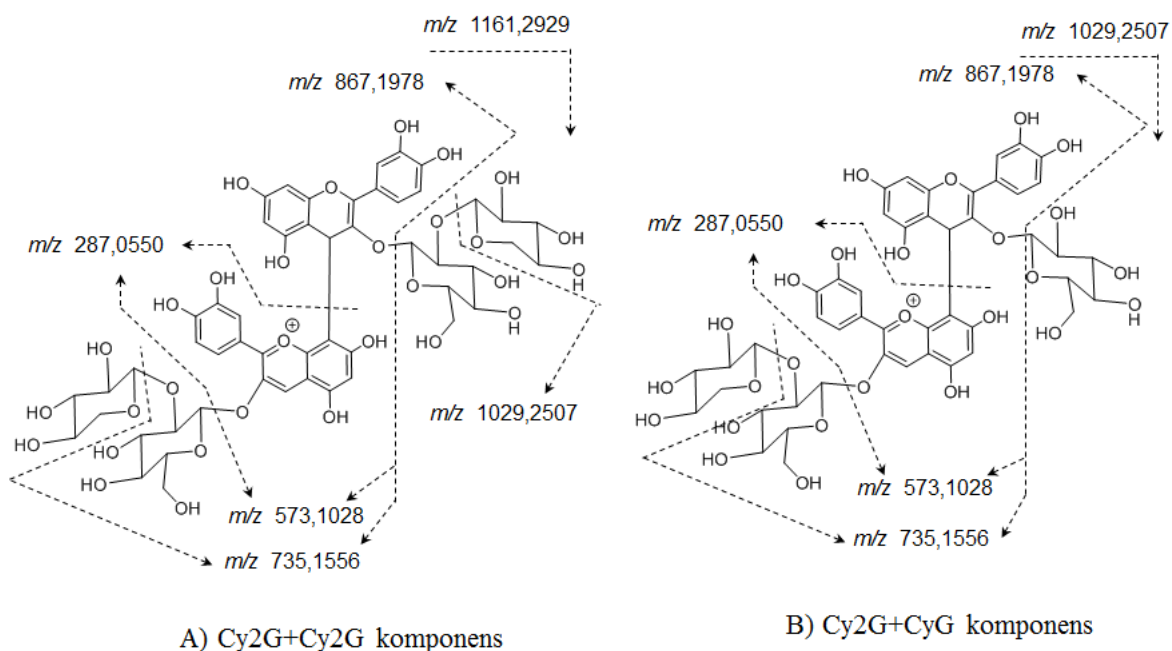
Ezek közül a 287,0552 m/z és 287,0606 m/z elméleti tömegű fragmensek a $C_{15}H_{11}O_6$ szerkezeti képletű cianidin aglikonnak feleltethetők meg.



37. ábra. 8,23 percnél érkező antocianin csúcs Q/TOFMS termék ion spektruma

Figyelembe véve az 520 nm-en detektált UV/Vis kromatogramok jeleit, valamint az MS és MS/MS tömegspektrumokból nyert pontos tömeget és izotópeloszlást, a 7,91 percnél eluálódó antocianin komponensnek a Cy2G kondenzációs dimer terméke valószínűsíthető, mely feltehetően a feldolgozás-technológia felmelegítési lépésének hatására két Cy2G molekula nukleofil kondenzációja során létrejött terméke. Ezek alapján a 8,23 percnél eluálódó komponens vélhetően egy Cy2G és egy CyG molekula kondenzációs terméke. Az 38. ábrán ezeknek a molekuláknak a feltételezett szerkezeti képletét mutatom be a valószínűsített fragmentációs utakkal együtt.

A 7,91 percnél detektált $[C_{52}H_{57}O_{30}]^+$ összegképletű 1161,2929 m/z értékű vegyület esetében képződött $[C_{47}H_{49}O_{26}]^+$ összegképletű 1029,2507 m/z elméleti iontömegű ún. diagnosztikus fragmens vélhetően két cianidin-diglükozid kapcsolódásából létrejött dimermolekulából egy glükózegység lehasadásával képződik, míg a 735,1556 m/z értékű fragmens további glükózegység elvesztésével jön létre. Az 1029,2507 m/z alkotóból képződő 867,1978 m/z elméleti tömegű fragmens egy xilózegység elvesztésével jön létre, majd ebből további xilózegység lehasadásával 573,1028 m/z értékű fragmenst kapunk. A 8,23 percnél eluálódó 1029,2507 m/z elméleti iontömegű alkotóból képződő fragmensek is feltételezhetően a fent említett módon keletkeznek (38. ábra). A feltételezett antocianin dimer molekulák HPLC-QTOF/MS mérésének pontos tömegadatait a 12. táblázat mutatja.



38. ábra. Hő hatására képződött kondenzációs dimer termékek feltételezett szerkezeti képlete és valószínűsített MS fragmentációs útvonalai. 'A' a 7,91 percnél eluálódó komponenst, 'B' a 8,23 percnél eluálódó komponenst mutatja. Cy2G: cianidin-3-*O*-szambubiozid, CyG: cianidin-3-*O*-glükózid.

A technológiai lépések hatására bekövetkező antocianin profilváltozás jelenségéről más tanulmány is beszámolt, ugyanis fekete répalé feldolgozása során két újabb antocianin komponenst (cianidin-3-galaktozid-xilozid és cianidin-3-galaktozid-xilozid-glükózid szinapinsav) azonosítottak pektinbontó művelet után [TÜRKYILMAZ *et al.*, 2012]. Egyéb színanyag komponensnél, a nagymértékben telítetlen karotinoidnál is megfigyeltek feldolgozás-technológia hatására történő szerkezetváltozást. A hő, a fény és a savak hozzáadása mind elősegíti a transz-karotinoidok átalakulását cisz-karotinoidokká, melynek eredményeképpen veszítenek színükből és A-elővitamin aktivitásukból [RODRIGUEZ-AMAYA, 2015].

12. táblázat. A felmelegítési lépés után képződött feltételezett antocianin dimer molekulák HPLC-QTOF/MS mérésének pontos tömeg adatai

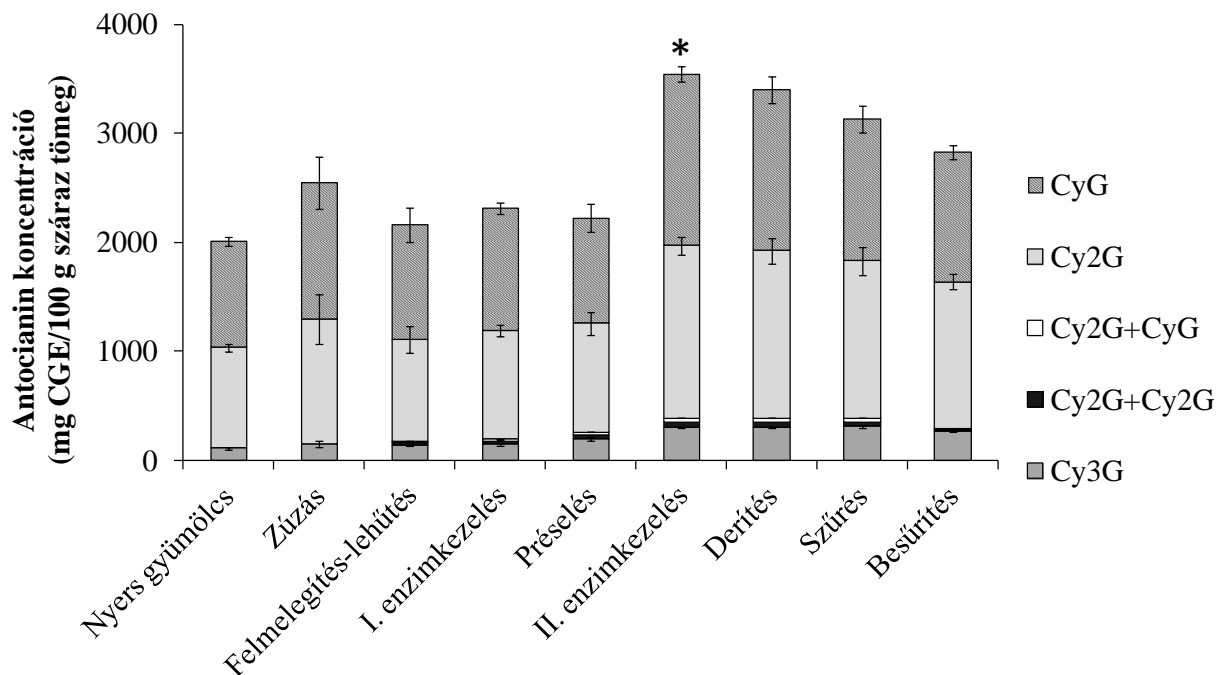
Retenciós idő (min)	Elméleti képlet	Pontos iontömeg	eltérés ppm
7,91	$C_{52}H_{57}O_{30}^+$	1161,2929	2,32
	$C_{41}H_{39}O_{21}^+$	867,1978	0,17
	$C_{36}H_{31}O_{17}^+$	735,1556	0,16
	$C_{30}H_{21}O_{12}^+$	573,1028	-0,20
	$C_{15}H_{11}O_6^+$	287,0550	1,44
8,23	$C_{47}H_{49}O_{26}^+$	1029,2507	-0,16
	$C_{41}H_{39}O_{21}^+$	867,1978	-0,07
	$C_{36}H_{31}O_{17}^+$	735,1556	-0,14
	$C_{30}H_{21}O_{12}^+$	573,1028	-0,04
	$C_{15}H_{11}O_6^+$	287,0550	0,05

4.2.2. Antocianin molekulák mennyiségi értékelése

A fekete bodzák antocianin mennyiségének meghatározása a 3.5. fejezetben ismertetett extrakciós eljárás során kinyert mintákból történt. Az antocianin koncentráció változásának alaposabb értékelése céljából az adatokat minden minta esetében száraz tömegre vetítve normalizáltam. Ez alapján az összes szárazanyag tartalomban lévő relatív antocianin tartalom változása könnyen követhetővé válik.

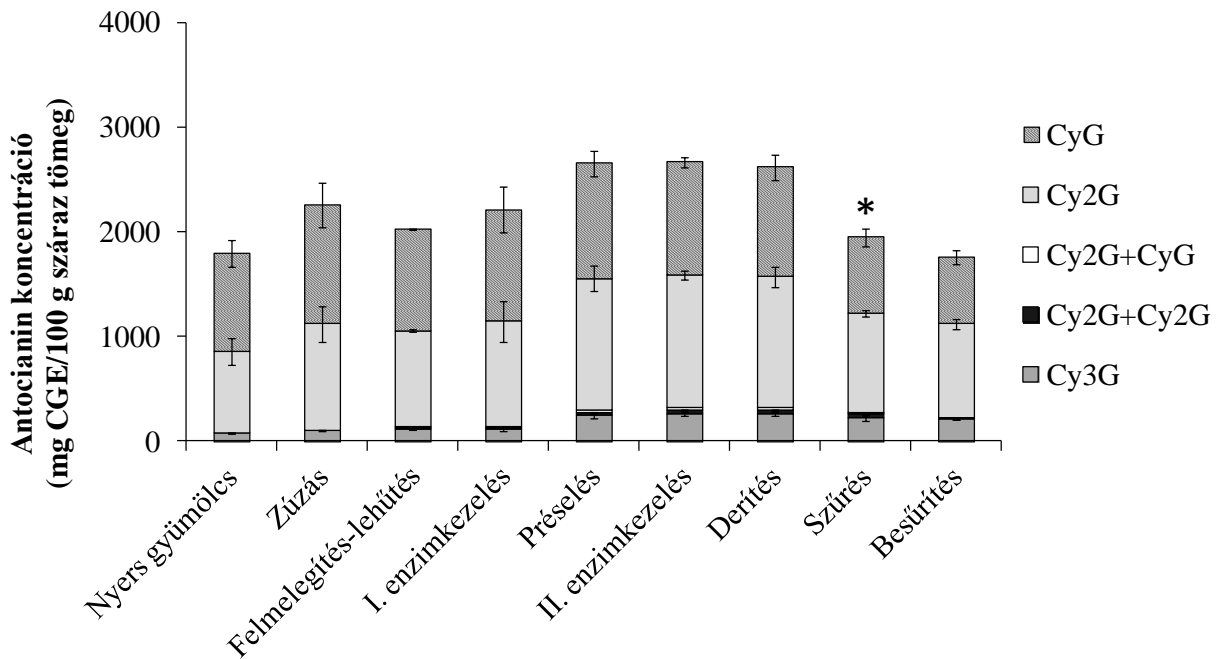
Az 39. és 40. ábrákon látható, hogy a második enzimkezelési lépésig (6. lépés) egyik technológiai művelet sem okozott szignifikáns ($P>0,05$) változást az összes antocianin tartalomban az adott lépést megelőző technológiai szakasz értékéhez képest. Ugyanakkor a zúzalékkészítés után átlagosan kb. 15%-kal emelkedett a színanyag koncentráció a bogyók kiindulási értékéhez képest mindkét fekete bodza fajtánál, mely valószínűleg a héjból kiszabaduló pigmentek megjelenésének köszönhető. Ezzel ellentétben a felmelegítés-lehűtés szakasza (3. lépés) enyhe csökkenést eredményezett, feltehetően az antocianinok hőérzékenysége miatt, amelyről számos tanulmány számol be [KIRCA *et al.*, 2007; CASTAÑEDA-OVANDO *et*

al., 2009; PATRAS *et al.*, 2010; TURFAN *et al.*, 2011; IOANNOU *et al.*, 2012; SZALÓKI-DORKÓ *et al.*, 2015a]. A pektinek elsődleges lebontása céljából alkalmazott 4. technológiai lépés, az első enzimkezelés, valamint az 5. lépés, a préselés művelete nem okozott szignifikáns ($P > 0,05$) változást sem a Samocco sem a Haschberg fajta színanyag tartalmában. Ezzel szemben KAACK *et al.* 2008-as tanulmányában arról számolt be, hogy az egyes antocianin molekulák mennyisége nagyobb az enzimkészítmény nélkül végzett feldolgozás-technológia során, mint a pektolitikus enzimkészítmények használatakor. Eredményeink alapján azonban levonható az a következtetés, hogy az összes antocianin tartalom tekintetében a két vizsgált fajta a technológia 5. lépéséig, vagyis a préselésig hasonlóan viselkedtek. A második enzimkezelés (6. szakasz) azonban már szignifikáns ($P < 0,05$) összes színanyag növekedést (kb. 38%) eredményezett a Haschberg fajtánál: 2221 mg CGE/100 g száraz tömegről 3543 mg CGE/100 g száraz tömegre emelkedett, míg a Samocco esetében gyakorlatilag nem okozott változást. A két fajta között megfigyelt jelentős eltérés oka valószínűleg a gyümölcsök struktúrájából eredő összetételbeli különbség, mely befolyásolja az egyes antocianinok enzimes kinyerésének hatékonyságát a léből. Az átlagos összes színanyag tartalomban egyenlőtlen csökkenő tendencia figyelhető meg a derítés, szűrés és bepárlási lépés után mindkét fajta esetében, melyek jelzik az antocianinok száraz tömegre vetített relatív csökkenését ezeknél a lépéseknél. A derítési lépés (7. szakasz) során bekövetkező enyhe színanyag csökkenés azt mutatja, hogy az alkalmazott NaCalcit Pore-TECH nevű bentonit nem volt megfelelően szelektív a lében lévő zavarosító anyagokra nézve, ezért kevés antocianin pigmentet is eltávolított a mintából. A szűrési lépés szintén színanyag csökkenést okozott, mely a szűrőpapíron történő adszorpció következménye. A két fajta közül a Samocco nagyobb antocianin veszteséget szenvedett ebben a lépésben, szignifikáns ($P < 0,05$), kb. 26%-os összes antocianin csökkenést tapasztaltam a derítési lépéshez képest. Ezzel szemben a Haschberg mintákban kb. 8%-os veszteséget mértem. A besűrítési lépés mindkét fajta esetében kb. 10%-os összes pigment veszteséget okozott a szűrési lépéshez viszonyítva, mely kisebb mértékű, mint az irodalomból ismert feketerépa sűrítményben mért adatok [SUZME *et al.*, 2014].



39. ábra. Antocianin komponensek koncentrációja a technológiai folyamat során a Haschberg fajta esetében. CyG: cianidin-3-*O*-glükózid, Cy2G: cianidin-3-*O*-szambubiozid, Cy3G: cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükózid. * jelöli a szignifikáns különbséget ($P < 0,05$) az összes antocianin tartalomban az előző technológiai művelethez képest.

Meg kell jegyezni, hogy a sűrítmény előállítás-technológia során az ipari eljárás szerint szűrési lépésként membránszűrést alkalmaznak, melyet technikai okokból nem sikerült megvalósítani a kiértékelt kísérleti sorozatban. Ennek hiányában alkalmaztam az egyszerűsített, szűrőpapíron át történő technikát. Előkísérleteim során ugyanakkor lehetőségem nyílt az Élelmiszeripari Műveletek és Gépek Tanszéken mind a Haschberg mind a Samocco membrántechnikán alapuló mikroszűrésére (0,2 μm), melynek során a dán fajta jobb szűrhetőséget mutatott, vagyis adott mennyiségű szűrt lé eléréséhez fele annyi időt igényelt a művelet, mint a Haschberg fajta esetében. Összes antocianin tartalom tekintetében azonban a Haschbergnél 32%-kal, míg a Samocco mintákban 52%-kal csökkent a mikroszűréssel szűrt levek színanyag tartalma, vagyis a dán fajta ebben az esetben is nagyobb mértékű veszteséget szenvedett, mint a Haschberg hasonlóan az egyszerűsített, szűrőpapírral végzett művelet esetén.



40. ábra. Antocianin komponensek koncentrációja a technológiai folyamat során a Samocco fajta esetében. CyG: cianidin-3-*O*-glükózid, Cy2G: cianidin-3-*O*-szambubiozid, Cy3G: cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükózid. * jelöli a szignifikáns különbséget ($P < 0,05$) az összes antocianin tartalomban az előző technológiai művelethez képest.

A teljes sűrítmény előállítás-technológiát értékelve az látható, hogy a nyers bogyóból extrahált mintából kiindulva a koncentrátum előállításig a Haschberg fajta esetében kb. 29%-os összes színanyag növekedés következett be, míg a Samocco esetén kb. 2%-kal mértem alacsonyabb értéket száraz tömegre vonatkoztatva a technológia végére. A feldolgozás-technológia műveleteinek célja a színanyag tartalom növelése, ugyanakkor a Samocco esetében nem volt olyan lépés, amely szignifikánsan növelte volna a száraz anyagra vonatkoztatott relatív antocianin tartalmat.

A zúzalékkészítésen kívül igen enyhe emelkedést tapasztaltam az első enzimkezelés és a préselés utáni mintákban, míg a többi lépés csökkentette a színanyag tartalmat. Az Haschberg mintákban a második enzimkezelés (6. lépés) eredményezett nagymértékű szignifikáns ($P < 0,05$) antocianin növekedést, valamint a zúzalékkészítés és az első enzimkezelés után mértem enyhe értéknövekedést, azonban a derítés, a szűrés és a sűrítési lépés kedvezőtlen hatást gyakorolt a színanyag tartalomra. Az eredményekből levont következtetések alapján javasolt a feldolgozó-technológia tervezésénél az egyes fajta tulajdonságok figyelembevétele és a legmegfelelőbb enzimkezelési és szűrési lépések alkalmazása.

Munkám során a technológiai minták antocianin profiljának változása is értékelésre került (13. táblázat). A kiindulási bodza gyümölcsben legnagyobb mennyiségben megtalálható antocianin komponens mindkét fajtában a CyG volt. A Samocco tehát nem rendelkezett a korábban kimutatott rá jellemző antocianin profillal, amely vélhetően azzal magyarázható, hogy túlérett állapotban került leszüretelésre. Ebben az esetben tehát a Samocco elveszítheti azt az előnyös tulajdonságát, hogy a kiemelkedően magas Cy2G koncentráció miatt színanyag tartalma stabilabbnak bizonyul a feldolgozás során [DRDAK & DAUCIK, 1990]. A 6-os, vagyis túlérett állapotban a CyG komponens mennyisége volt a domináns, valamint az összes antocianin tartalma is kisebbnek mutatkozott a korábbi eredményeknél.

A feldolgozás-technológia első enzimkezelés műveletéig (4. lépés) a CyG volt a legnagyobb mennyiségben jelen, az 5. lépéstől (préselés) azonban már a Cy2G mennyisége vált dominánssá egészen a feldolgozás végéig, vagyis stabilitása nagyobbak mutatkozott a technológiai hatásokkal szemben, mint a CyG. Ez a megállapítás összhangban van DRDAK & DAUCIK [1990] tanulmányával is. A Cy3G komponens aránya a feldolgozás során folyamatosan nőtt, mely azt jelzi, hogy technológiai stabilitása még a Cy2G-nál is nagyobb. Mindezek a fekete bodzában található cianidin komponensek stabilitása és az aglikonhoz kapcsolódó cukor molekulák száma közötti pozitív korrelációra utalnak.

A kondenzációs dimer termékek a felmelegítés-lehűtés (3. lépés) szakaszától jelen voltak egészen a feldolgozás-technológia végéig (koncentrációjukat a 13. táblázat mutatja). A két dimer termék közül mindkét fekete bodza fajtában a Cy2G+Cy2G mennyisége nagyobb volt a Cy2G+CyG-nál, viszont koncentrációja egyik esetben sem haladta meg az 50 mg CGE/100 g száraz tömeg értéket, melyet a Haschberg mintákban mértem a második enzimkezelés után. A Cy2G+CyG mennyisége minden esetben alacsonyabb volt, maximum értéke 36,59 mg CGE/100 g száraz tömeg volt a Haschberg mintákban és 21,45 mg CGE/100 g száraz tömeg a Samocco mintákban a második enzimkezelés után. A sűrítvényekben mért koncentrációjuk azonban lecsökkent átlagosan kb. 13 mg CGE/100 g száraz tömeg értékre mindkét fajta esetében. Általánosan kimutatható, hogy a dimer termékek koncentrációja a technológia során a derítési lépésig folyamatosan emelkedett mindkét fajtánál, azonban a szűrés és a bepárlás hatására csökkenést tapasztaltam. A technológiai folyamat végére átlagosan a Cy2G+Cy2G mennyisége a Haschbergben 41%-kal, a Samoccoban 2%-kal csökkent, míg a Cy2G+CyG kevésbé mutatkozott stabilnak, a Haschbergben 64%-kal, a Samoccoban 60%-kal mértem kisebb koncentrációt a kiindulási értékhez képest. A feldolgozás-technológiai hatásokkal szemben tehát a legkevésbé stabil antocianin molekula a vizsgáltak közül a Cy2G+CyG kondenzációs dimer termék.

13. táblázat. A technológiai minták antocianin koncentrációja (mg CGE/100 g száraz tömeg)

Techn. művelet	Cy3G		Cy2G+Cy2G		Cy2G+CyG		Cy2G		CyG		TA	
	Haschberg	Samocco	Haschberg	Samocco	Haschberg	Samocco	Haschberg	Samocco	Haschberg	Samocco	Haschberg	Samocco
1	107,5±11,8	77,20±10,1	nincs jelen	nincs jelen	nincs jelen	nincs jelen	927,8±36,9	780,0 ±123	975,8±39,8	937,1 ±124	2011±88	1794±257
2	149,4±24,7	104,6±2,48	nincs jelen	nincs jelen	nincs jelen	nincs jelen	1149 ± 228	1015 ± 166	1250 ± 241	1138 ± 213	2549±494	2257±381
3	131,9±2,51	107,5±5,19	23,01±1,14	13,88±1,06	18,00±1,05	10,72±0,52	937,4 ±122	923,2±15.5	1048 ± 157	969,9±10,9	2159±284	2025±33
4	144,4±10,1	112,9±22,4	25,76±1,60	15,93±3,81	20,08±1,14	11,53±2,72	1001±53,5	1004 ± 193	1123±53,7	1067 ±218	2315±120	2211±440
5	197,1±17,4	241,9±27,4	34,07±2,47	33,89±3,32	25,74±1,35	21,81±2,07	999,7±104	1256 ± 121	964,7±128	1098 ±124	2221±254	2652±278
6	300,9±10,7	260,3±20,3	49,03±1,64	35,13±3,07	36,59±1,52	21,45±1,86	1584±83,7	1271±41,0	1573 ±71,5	1079±49,6	3543±169	2667±116
7	303,7±7,64	261,5±14,8	48,09±1,35	36,86±5,19	35,62±1,59	21,37±1,36	1533±116	1248 ± 102	1482 ± 124	1048 ±126	3403±249	2616±250
8	306,8±16,5	223,8±27,0	45,07±1,49	30,33±6,04	33,49±1,28	16,25±2,34	1443 ± 127	949,9±32,8	1301 ± 120	726 ± 83,4	3129±266	1946±152
9	265,3±6,41	207,0±3,42	13,52±5,33	13,63±3,97	6,41±3,37	4,25±0,67	1353±69,7	891,6±50,1	1191±67,4	643,1±69,0	2829±152	1760±127

A táblázatban az átlagos értékeket tüntettem fel (n=3) szórással együtt (±). Cy3G: cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükózid; Cy2G: cianidin-3-*O*-szambubiozid; CyG: cianidin-3-*O*-glükózid, TA: összes antocianin tartalom. Az első oszlopban feltüntetett számok a következő műveleteket jelentik: (1) Nyers bogyó; (2) Zúzállékkészítés; (3) Felmelegítés-lehűtés; (4) I. enzimkezelés; (5) Préselés; (6) II. enzimkezelés; (7) Derítés; (8) Szűrés; (9) Besűrítés.

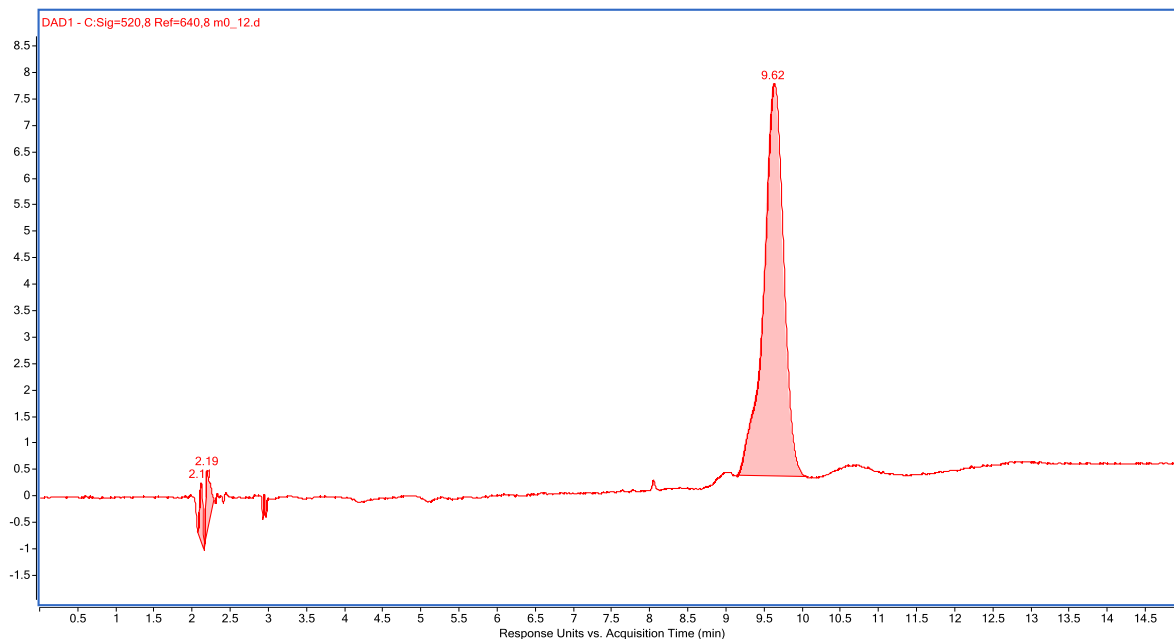
Összefoglalva a második munkaszakasz kísérleti eredményeit elmondható, hogy az iparban alkalmazott sűrítmény előállítás-technológia a fekete bodzában található antocianin molekulákban mind kvalitatív mind kvantitatív változást eredményezett a vizsgált fajták esetében. A Samocconál a zúzalékkészítés, az első enzimkezelés és a préselés összes színanyag növekedést okozott. A felmelegítés-lehűtés, a szűrés és a bepárlás csökkenést okozott a száraz tömegre vetített eredményekben a korábbi lépésekhez viszonyítva. A Haschberg fajta esetében hasonló megfigyeléseket tehetünk, azonban míg a préselés művelete nem okozott nagymértékű változást az első enzimkezeléshez képest, addig a második pektinbontó kezelés hatására jelentősen nőtt az összes antocianin tartalom a mintákban. Megállapítható továbbá, hogy minél több cukormolekula kapcsolódik a cianidin aglikonhoz, annál nagyobb a molekula stabilitása a technológiai behatásokkal szemben, vagyis a legnagyobb stabilitással rendelkező színanyag komponens a cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükózid, míg a legkevésbé robusztus a cianidin-3-*O*-glükózid. Az eredményeim alapján antocianin profilváltozást is tapasztaltam a mintákban, ugyanis a sűrítmenygyártás során alkalmazott hő (3. technológiai lépés) hatására két dimer antocianin komponenst azonosítottam, melyek a bodzában már korábban megtalálható antocianidin szacharid-konjugátumok összekapcsolódásából jöttek létre. Stabilitásukat tekintve a cianidin-3-*O*-szambubiozid dimer terméke stabilabbnak bizonyult a cianidin-3-*O*-szambubiozid és cianidin-3-*O*-glükózid dimer molekulánál. Koncentrációjuk a feldolgozás során mindvégig elhanyagolhatóan alacsonynak mutatkozott. Eredményeim alapján tehát javaslom a feldolgozás-technológia tervezésénél a fajtatulajdonságok figyelembevételével a pektinbontó enzimkezelés és szűrés lépés optimalizálását, melyek befolyással lehetnek a végtermék minőségi paramétereire.

4.3. Fekete bodza sűrítvények értékelése joghurt termékben

A harmadik, egyben utolsó munkaszakaszban arra a kérdésre kerestem a választ, hogy az általam előállított fekete bodza sűrítvények savanyított tejtermékben (szamócás joghurt) történő alkalmazásakor milyen minőségi és mennyiségi változások tapasztalhatók a színező sűrítvény színanyag összetételében a tárolás során.

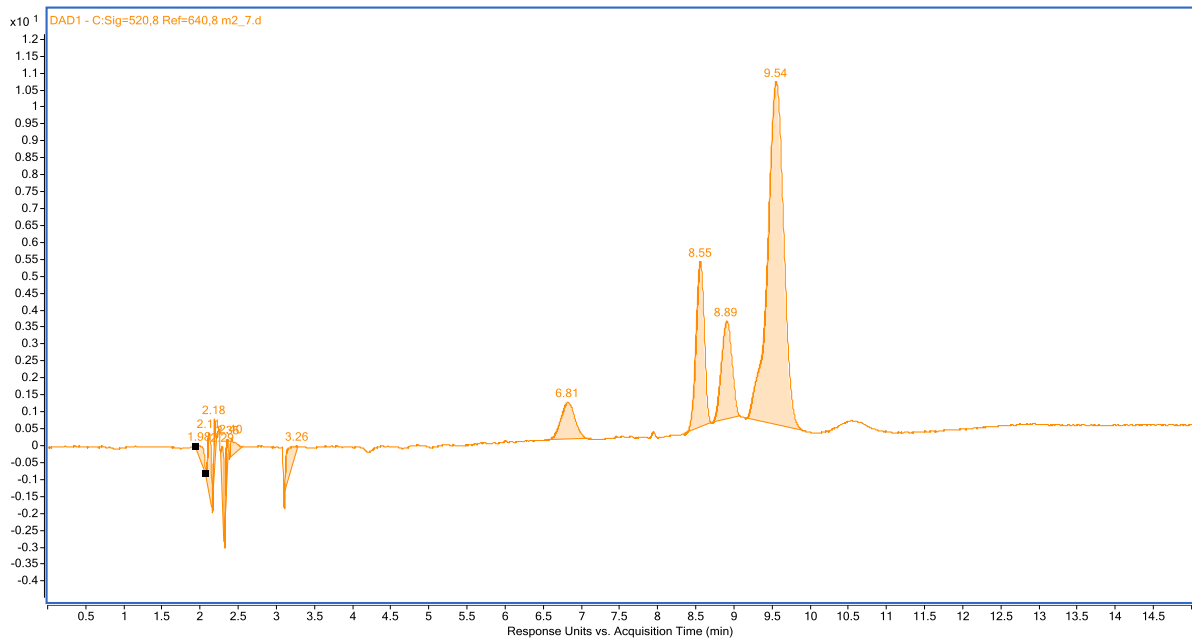
4.3.1. Antocianin molekulák azonosítása

A joghurtkészítmények HPLC-UV/Vis-TOFMS rendszerrel 520 nm hullámhosszon felvett kromatogramján 9,62 percnél megjelent egy korábban, az addigi mintákban nem detektált antocianin komponens. Ennek a csúcsnak megfelelő MS spektrumot megvizsgálva a pontos tömeg és izotópeloszlás információ alapján az adott komponenshez a $C_{21}H_{20}O_{10}$ összegképletű, 433,1129 m/z elméleti iontömegű alkotó valószínűsíthető. Ez a molekula feltételezhetően a szamóca gyümölcsben jellemző antocianin alkotók egyike, a pelargonidin-3-*O*-glükozid. Ez az alkotó a joghurtok ízesítésére szánt lekvárkészítményből került a termékbe. A kontroll (0.) mintára jellemző kromatogramot a 41. ábra mutatja be.



41. ábra. A színezetlen szamócás joghurtkészítmények 520 nm hullámhosszon HPLC-UV/Vis-TOFMS rendszerrel felvett általános kromatogramja

A Haschberg és Samocco sűrítménnyel színezett joghurtok vizsgálata során a 42. ábrán bemutatott kromatogramot kaptam, mely tartalmazza a 6,81; 8,55 és 8,89 percnél jelentkező fekete bodzából származó cianidin alapú antocianin komponenseket, valamint a már említett pelargonidin-3-*O*-glükozidot. Ez utóbbi, kromatográfias elválasztás során egyértelműen elválasztható a bodzasűrítménnyel bevitt alkotóktól, ezért a korábban alkalmazott kromatográfias módszer továbbra is megfelelőnek bizonyult a kísérletek kiértékeléséhez.



42. ábra. Fekete bodza sűrítménnyel színezett joghurtkészítmények 520 nm hullámhosszon HPLC-UV/Vis-TOFMS rendszerrel felvett általános kromatogramja

4.3.2. Antocianin molekulák mennyiségi értékelése

A joghurtkészítményekben található színanyagok mennyiségi meghatározását a 3.5. fejezetben leírt NAGY *et al.* [2009] mintaelőkészítése után a 3.6.1. részben ismertetett kromatográfias módszerrel végeztem.

A kísérleti gyümölcsjoghurtok mikrobiológiai vizsgálatának eredményeit az első 3 hétben a 14. táblázat mutatja. Az aszeptikus töltés- és csomagolás-technológia hiánya révén már a tárolás 4., 5. és 6. hetében szemmel látható penésztelepeket észleltem a minták felületén. Ezek eltávolítása után azonban az antocianin tartalom és a szinkordináták mérése zavartalanul történt.

14. táblázat. A kísérleti joghurt minták mikrobiológiai eredményei a tárolás során

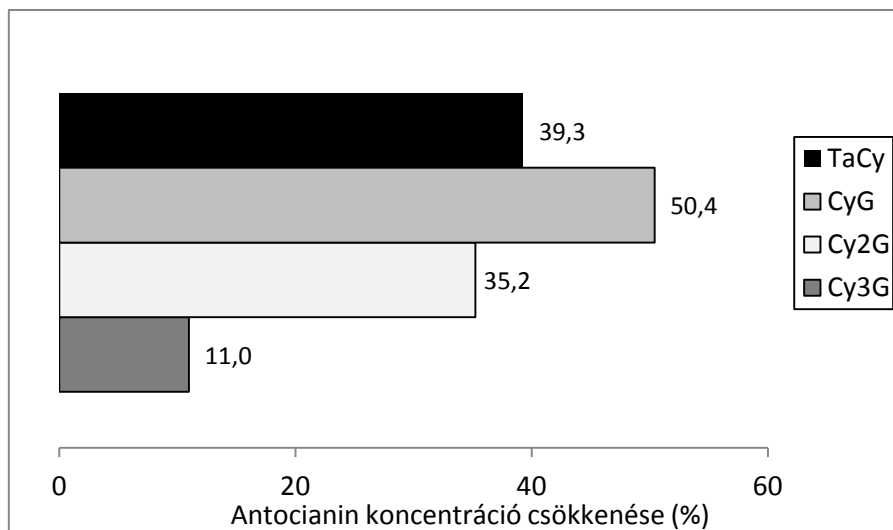
	0. minta		1. minta		2. minta		3. minta	
	Penész	Élesztő	Penész	Élesztő	Penész	Élesztő	Penész	Élesztő
1. hét	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2. hét	20	<10	7	<10	10	<10	<10	<10
3. hét	6×10^2	$1,2 \times 10^2$	$1,5 \times 10^3$	$1,2 \times 10^2$	$1,6 \times 10^3$	4×10^3	5×10^2	$1,6 \times 10^3$

0. minta: színezetlen szamócás joghurt készítmény, 1. minta: kárminnal színezett kereskedelmi forgalomban kapható szamócás joghurt készítmény, 2. minta: Haschberg fekete bodza fajtából készült sűrítménnyel színezett szamócás joghurt készítmény, 3. minta: Samocco fekete bodza fajtából készült sűrítménnyel színezett szamócás joghurt készítmény.

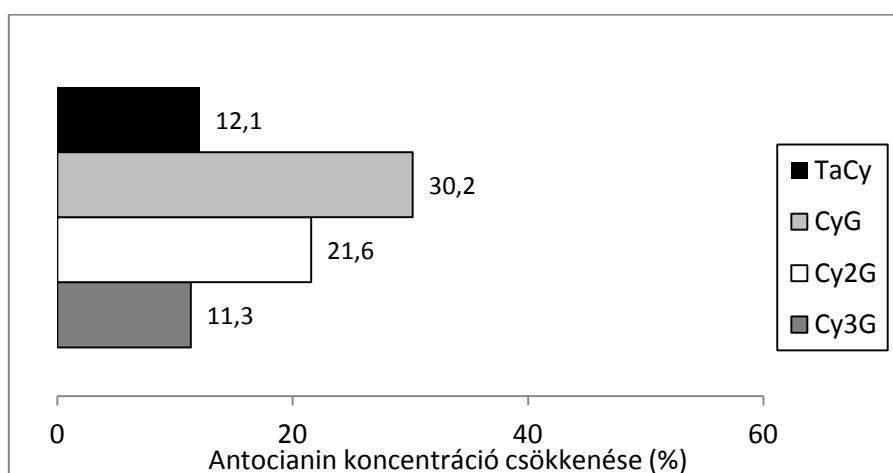
Az eredeti színezetlen szamócás joghurt mintában (0. minta) és a kárminnal színezett joghurtban (1. minta) a pelargonidin-3-*O*-glükózid (PgG) mennyiségét tudtam értékelni, melynek koncentrációja folyamatosan csökkent a tárolás során. Összevetve a két mintát, a csökkenés mértékében némi eltérést tapasztalhatunk, hiszen a 0. minta esetében kb. 30%-os, míg az 1. mintánál kb. 40%-os a PgG mennyiségének csökkenése a kísérlet végére (6. hét). Az 1., 3. és 4. heti mintavételnél hasonló csökkenő tendencia alakult mindkét joghurt készítmény esetében, míg az 5. és 6. pontnál a 0. mintában kisebb mértékű változás ment végbe (15. táblázat).

A Haschberg sűrítménnyel színezett szamócás joghurt esetében (43. ábra) az antocianin komponensek mennyiségének változása a 0. és 1. mintához hasonlóan alakult, azonban a fekete bodza sűrítménnynek köszönhetően nagyobb színanyag koncentráció jellemzi ezt a mintát. Az 1. héten $17,50 \mu\text{g CGE/g}$ összes antocianin koncentrációt mértem, mely a 6. hétre $10,63 \mu\text{g CGE/g}$ koncentrációra csökkent, tehát megfigyelhető ebben az esetben is az antocianin molekulák tárolás hatására bekövetkező degradációja. Az összes antocianin tartalom kb. egy harmadát a fekete bodzában található cianidin alapú antocianinok koncentrációja adja, melyeknek együttes mennyisége $6,01 \mu\text{g CGE/g}$ -ról $3,81 \mu\text{g CGE/g}$ -ra csökkent a 6. hétre.

A Samocco sűrítménnyel színezett joghurt készítményben az antocianin komponensek szintén degradálódtak a tárolási kísérlet során (44. ábra), azonban a degradáció kisebb mértékű volt, mint Haschberggel színezett minta esetében. Az összes cianidin antocianin tartalmat tekintve a kiindulási ($16,67 \mu\text{g CGE/g}$) érték kb. 12%-kal csökkent a kísérlet végére ($11,63 \mu\text{g CGE/g}$).



43. ábra. A Haschberg sűrítménnyel színezett joghurtkészítmények antocianin koncentrációjának csökkenése a tárolási kísérlet végére. TACy: összes cianidin alapú antocianin tartalom; CyG: cianidin-3-*O*-glükozid; Cy2G: cianidin-3-*O*-szambubiozid; Cy3G: cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükozid.



44. ábra. A Samocco sűrítménnyel színezett joghurtkészítmények antocianin koncentrációjának csökkenése a tárolási kísérlet végére. TACy: összes cianidin alapú antocianin tartalom; CyG: cianidin-3-*O*-glükozid; Cy2G: cianidin-3-*O*-szambubiozid; Cy3G: cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükozid.

Megfigyelhető az is, hogy annak ellenére, hogy a joghurtkészítményekbe 0,1 m/m%-kal kevesebb Samocco sűrítményt adagoltam, mint Haschberg sűrítményt, a cianidin alapú összes antocianin tartalom a Samoccoval színezett készítményben nagyobb volt a tárolás végére. Az egyes komponensek arányát tekintve, hasonlóan a Haschberg sűrítményhez, a Cy2G aránya a

többi cianidin alkotóhoz képest a legnagyobb, míg a Cy3G és CyG körülbelül azonos koncentrációban van jelen.

A fekete bodza sűrítmenyekkel színezett joghurtok antocianin komponenseinek stabilitását vizsgálva azt mondhatjuk, hogy a joghurtokban lévő Cy3G mennyisége csökkent a legkevésbé a kísérlet végére, míg a CyG volt a legérzékenyebb a tárolás körülményeire, hiszen koncentrációja a Haschberg sűrítmenyben közel felére (43. ábra), míg a Samocco sűrítmenyben csupán 30,2%-kal csökkent (44. ábra). A második legstabilabb komponensnek a Cy2G bizonyult. Az összes színanyag mennyiségét tekintve a kísérlet végére a csökkenés mértéke 39% volt a Haschberg sűrítmenyvel színezett joghurtokban, tehát az antocianin koncentráció közel 60%-a maradt meg a tárolás végére.

A Samocco sűrítmenyvel színezett joghurtokban az antocianin molekulák stabilitása nagyobbak bizonyult, hiszen a színezett joghurtok az összes cianidin-alapú színanyag mennyiségének kb. 88%-át őrizték meg a kísérlet végére. Az azonos közeg (joghurt) megléte miatt vélhetően ez a különbség az adott fajtára jellemző sajátosságából ered. Az antocianin alkotókat külön-külön megvizsgálva azt mondhatjuk, hogy az egyes komponensek stabilitási érzékenysége azonos, mint a Haschberggel színezett joghurtokban, vagyis a Cy3G a legstabilabb molekula, míg ezt a Cy2G majd a PgG követi, a legérzékenyebb molekula a tárolási körülményekre pedig a CyG.

Az antocianin komponensek stabilitási sorrendje a technológiai vizsgálat és a tárolási kísérlet során feltehetően összefüggésben van a cianidin aglikonhoz kötött cukormolekulák számával, vagyis az összetettebb glikánrészt tartalmazó színanyag komponens robusztusabb a külső behatásokkal szemben. Ennek magyarázata vélhetően a molekulák kémiai szerkezetében van. A cianidin alapvázban a szabad fenolos hidroxilcsoportok csökkentik a stabilitást, mert könnyen kinodiális formává tudnak oxidálódni, másrészt a hidrolízisük során keletkező fenolát-anionoknak köszönhetően a molekula aromás elektrofil szubsztitúcióra aktivált állapotba kerül. Tehát, minél több cukormolekula kapcsolódik éterkötéssel a cianidin alapvázhoz, annál kevesebb fenolos hidroxilcsoport marad szabadon, így annál ellenállóbb lesz az antocianidin szacharid-konjugátum a hidrolízis folyamatának. A fekete bodza gyümölcs esetében, ezzel magyarázható, hogy a cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükózid stabilabb, mint a cianidin-3-*O*-glükózid molekula. A cianidin-3-*O*-glükózid és cianidin-3-*O*-szambubiozid komponens stabilitása közötti eltérés pedig abból ered, hogy a cianidin-3-*O*-szambubiozid-ban található szambubiozid diszacharid molekula lassabban hidrolizál el, mint a cianidin-3-*O*-glükózid-ban lévő glükóz molekula.

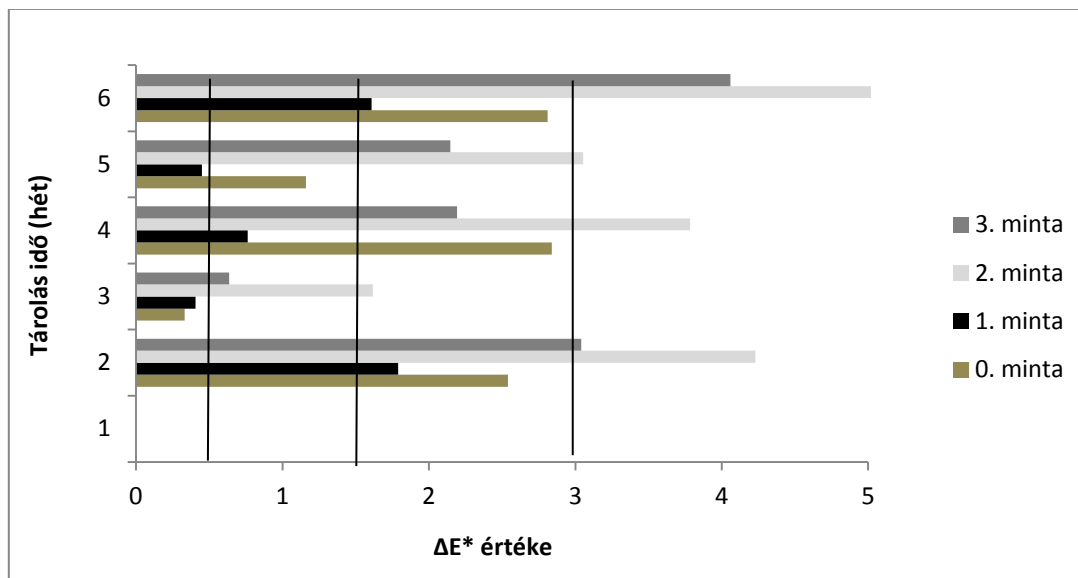
15. táblázat. Joghurtkészítmények antocianin tartalma a tárolási kísérlet során ($\mu\text{g CGE /g}$)

Tárolási idő (hét)	Kontroll (0. minta)	Kárminnal színezett (1. minta)	Haschberg sűrítménnyel színezett (2. minta)					Samocco sűrítménnyel színezett (3. minta)				
	PgG	PgG	Cy3G	Cy2G	CyG	PgG	TA	Cy3G	Cy2G	CyG	PgG	TA
1.	10,6±0,15	9,33±0,16	1,05±0,02	2,75±0,06	2,22±0,07	11,5±0,17	17,5±0,33	1,10±0,05	2,85±0,12	1,23±0,06	11,5±0,06	16,7±0,72
2.	9,37±2,03	11,9±0,43	1,13±0,06	2,90±0,06	2,22±0,04	11,7±0,27	17,9±0,43	1,03±0,16	2,72±0,41	1,24±0,19	10,3±1,57	15,8±2,33
3.	10,29±0,74	8,46±0,16	1,16±0,11	2,55±0,11	1,80±0,07	10,1±0,50	15,6±0,79	1,13±0,07	2,73±0,11	1,11±0,05	10,6±0,40	15,6±0,63
4.	8,48±0,32	7,06±0,47	1,03±0,05	2,16±0,11	1,49±0,09	8,33±0,44	13,0±0,69	1,11±0,05	2,50±0,14	1,03±0,07	9,47±0,54	14,1±0,80
5.	8,49±0,42	6,58±0,06	0,97±0,09	2,03±0,16	1,34±0,11	7,60±0,66	11,9±1,02	1,08±0,01	2,38±0,07	0,94±0,02	8,83±0,23	13,2±0,33
6.	7,48±0,40	5,69±0,21	0,93±0,02	1,78±0,08	1,10±0,05	6,81±0,21	10,6±0,36	0,97±0,07	2,24±0,06	0,86±0,03	8,54±0,22	11,6±0,38

A táblázatban az átlagos értékeket tüntettem fel (n=3) szórással együtt (\pm). Cy3G: cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükózid; Cy2G: cianidin-3-*O*-szambubiozid; CyG: cianidin-3-*O*-glükózid, TA: összes antocianin tartalom, PgG: pelargonidin-3-*O*-glükózid.

4.3.3. Színkoordináták értékelése

A tárolási idő során a joghurtkészítmények színváltozását (ΔE^*) a 45. ábra mutatja az 1. héthez viszonyítva.



45. ábra. ΔE^* színelkülönbség eredménye a tárolási idő alatt az 1. héthez viszonyítva. 0. minta: színezetlen szamócás joghurt készítmény, 1. minta: kárminnal színezett kereskedelmi forgalomban kapható szamócás joghurt készítmény, 2. minta: Haschberg fekete bodza fajtából készült sűrítménnyel színezett szamócás joghurt készítmény, 3. minta: Samocco fekete bodza fajtából készült sűrítménnyel színezett szamócás joghurt készítmény.

A kísérleti beállításnak köszönhetően a Haschberggel színezett és a Samoccoval színezett minta színe az 1. hétben szinte azonos a referenciának tekintett kárminnal színezett joghurt színével, azonban a 2. héttől kezdve a kísérlet végéig már némi különbséget tapasztaltam. A tárolás 6. hetében a fekete bodza sűrítménnyel színezett mintákban az antocianin tartalommal összhangban a Haschberggel színezett minta kisebb a^* értékkel rendelkezett (4,11) a Samoccoval színezett joghurthoz képest (4,24) (Melléklet 5 és 6. táblázat) A kísérlet során a kárminnal színezett joghurtok tartották meg legnagyobb mértékben a színüket (Melléklet 4. táblázat), azonban az 5. hét után észrevehető volt a színváltozás. A fekete bodza sűrítménnyel színezett minták színingerkülönbség értéke 3 fölött volt a tárolás végére, tehát a kiindulási mintákhoz képest jól látható tartományba esik a színváltozás (45. ábra).

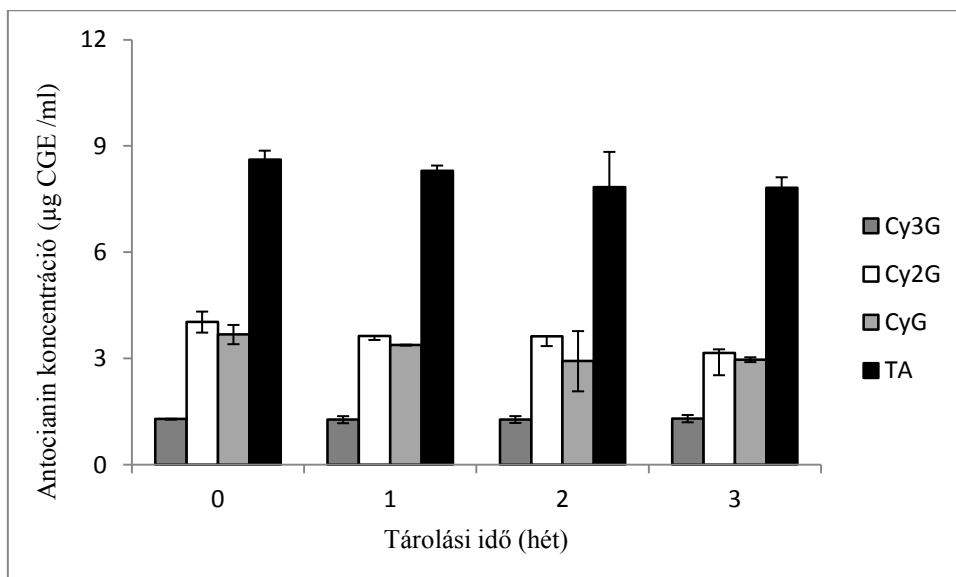
Mindemellett fontos megjegyezni, hogy a tárolás során mért pH értékekben nem történt jelentős változás egyik minta esetében sem, tehát a kísérlet végén mért eltérő szín és antocianin tartalom háttérében nem a pH változás áll.

Annak érdekében, hogy e különbségek mögött rejlő folyamatokat jobban megértsük, a joghurt mintákkal azonos pH értékű (pH 4,6) vizes puffer oldatot készítettem, melyeket a joghurtok színezéséhez felhasznált megfelelő mennyiségű Haschberg (0,5 m/m%) és Samocco (0,4 m/m%) sűrítvényekkel színeztem meg. A puffer oldat 44,5% 0,1 M citromsav-monohidrátot és 55,5% 0,1 M trinátrium-citrát-dihidrátot tartalmazott. Az eredmények értékelését a tárolási kísérlet 1., 2. és 3. hetében tudtam megvalósítani a romlási folyamatok megindulása miatt.

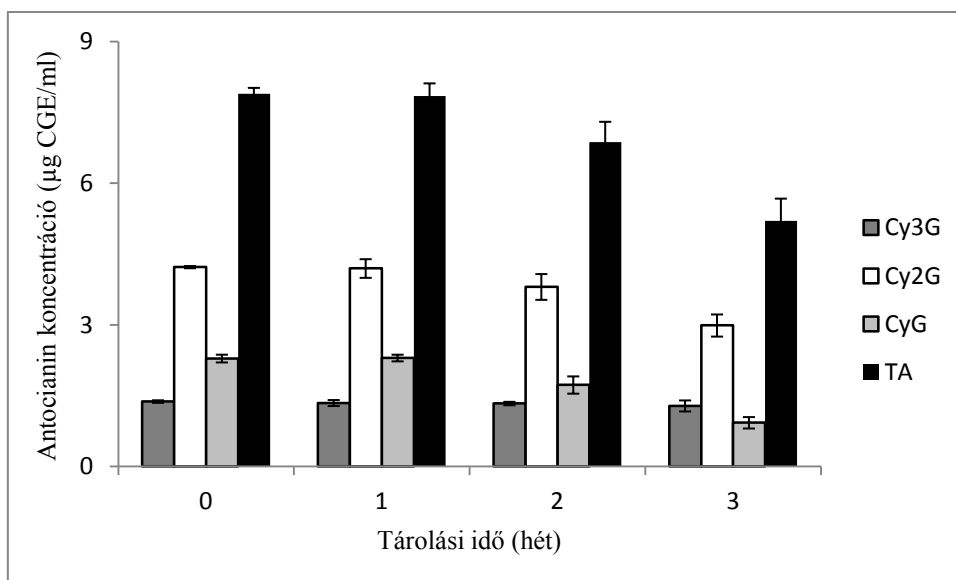
A TA eredményeket értékelve a Haschberg sűrítvény esetében 10%-os csökkenés figyelhető meg a kísérlet végére (46. ábra), míg a Samocco esetében a degradáció mértéke 35% (47. ábra). A komponensek koncentrációját tekintve a Haschberggel színezett minták esetén a Cy3G mennyisége változatlan volt a 3 hét során, míg a Samocco esetében 7%-kal csökkent. A Cy2G degradációja 12 és 30%, míg a CyG esetében mértem a legnagyobb mértékű csökkenést, 20 és 60%-ot.

A joghurt mintákban mért értékekkel összehasonlítva az eredményeket azt látjuk, hogy míg a joghurtkészítményekben a Samocco sűrítvény, addig a vizes közeg esetén a Haschberg sűrítvény antocianin tartalma volt nagyobb a tárolás során. Ezek alapján tehát azt mondhatjuk, hogy a mátrix meghatározó szerepet játszik mind a színezőhatás mind a színtabilitás kialakításának szempontjából. Ha csak az egyik mátrixot jellemző összetevő-csoportot, az összes polifenol értékeket vesszük alapul, ebben a paraméterben is különbséget tapasztaltam a két fajta között, mely különbség nem magyarázható a pigmentmennyiség különbözőségével. Bár a színezési kísérlet során rendkívül kis mennyiségben adtam bodza sűrítvényt a késztermékhez, akár ennek mátrix-alkotói is szerepet játszhatnak e két fajtából készült sűrítvény eltérő színtabilitási eredményeiben.

A joghurtkészítmények színezésére tehát a Samocco fajta bizonyul megfelelőbb választásnak, ugyanis az antocianin molekulákra kifejtett mátrix stabilizáló hatás markánsabban jelentkezik, mint a Haschberg esetében. Ennek egyik magyarázata vélhetően az, hogy a joghurtban található tejfehérjék stabilizálják az antocianin molekulákat, mely jelenség már ismert egy korábbi kutatásból [CHUNG *et al.*, 2015]. A fehérje-antocianin kölcsönhatásban pedig ezek alapján az aglikonhoz kapcsolódó cukor rész játszhat aktív szerepet, így a Cy3G és a Cy2G alkotót a fehérje molekula nagyobb mértékben tudja stabilizálni, mint a CyG komponenst. A Samocco fajta fontos tulajdonsága pedig az antocianin profilban fellelhető nagy Cy2G koncentráció.



46. ábra. Haschberg sűrítmény antocianin tartalmának változása a tárolás során pH 4,6 vizes puffer (0,1 M citromsav-monohidrát és 0,1 M trinátrium-citrát-dihidrát) közegben. Cy3G: cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükózid; Cy2G: cianidin-3-*O*-szambubiozid; CyG: cianidin-3-*O*-glükózid; TA: összes antocianin tartalom.



47. ábra. Samocco sűrítmény antocianin tartalmának változása a tárolás során pH 4,6 vizes puffer (0,1 M citromsav-monohidrát és 0,1 M trinátrium-citrát-dihidrát) közegben. Cy3G: cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükózid; Cy2G: cianidin-3-*O*-szambubiozid; CyG: cianidin-3-*O*-glükózid TA: összes antocianin tartalom.

4.4. Új tudományos eredmények

1) Magyarországon termesztett különböző fekete bodza fajták, két évjáraton keresztül történő részletes vizsgálata során megállapítottam, hogy a Samocco jellegzetes antocianin profillal rendelkező fajta, mely kiemelkedően nagy koncentrációban tartalmazza a cianidin-3-*O*-szambubiozid komponenst, míg a legtöbb fajta esetében a cianidin-3-*O*-glükózid van a legnagyobb koncentrációban jelen. Ezek alapján elmondható, hogy az antocianin-specieszek egymáshoz viszonyított aránya fajtafüggő tulajdonság.

2) A bodzagyümölcs levében két, hő hatására kialakuló, feltehetően dimer antocianin molekulát azonosítottam. A konjugátumok pontos szerkezete nem ismert, ugyanakkor nagy tömegfelbontású és pontos tömegmérésre alkalmas tömegspektrometriás vizsgálatok alapján feltételezhetően a $[C_{52}H_{57}O_{30}^+]$ összegképletű cianidin-3-*O*-szambubiozid dimer termékéről és a $[C_{47}H_{49}O_{26}^+]$ összegképletű cianidin-3-*O*-szambubiozid és cianidin-3-*O*-glükózid dimer termékéről lehet szó.

3) Vizsgálataim alapján igazoltam, hogy mind a feldolgozás-technológia, mind pedig a színező élelmiszerként történő felhasználás során, az összetettebb glikánrészt tartalmazó antocianin típusnak nagyobb a stabilitása a technológiai behatásokkal és a tárolási idővel szemben. A legnagyobb stabilitással rendelkező színanyag komponens a cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükózid, míg a legkevésbé robusztus a cianidin-3-*O*-glükózid.

4) Megállapítottam, hogy az ipari gyakorlatban alkalmazott gyümölessűrítmény-előállítás technológia lépései a két vizsgált fajta színanyag tartalmát eltérően módosítják. A Haschberg fajta esetében szignifikáns antocianin tartalom-növekedést eredményezett a II. enzimkezelés lépése, míg a Samocco fajta esetében a szűrés művelete okozott szignifikáns antocianin tartalom-csökkenést. Mindezek alapján tehát fontos az egyes fajtákra optimalizált feldolgozás-technológia alkalmazása.

5) Joghurtban színező élelmiszerként alkalmazva a vizsgált fajták közül legalkalmasabb fekete bodza nyersanyag a Samocco dán fajta. Két évjáraton át történő vizsgálat során a legnagyobb antocianin tartalmú fajtának mutatkozott, melyhez nagy vízoldható szárazanyag tartalom párosult. Sűrítmény formában történő vizsgálata során nagyobb mértékben őrizte meg összes színanyag tartalmát a szamócás joghurtokban a 42 napos tárolás alatt, mint a Haschberg sűrítmény. Utóbbi megállapítás feltehetően az eltérő antocianin profilnak köszönhető.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A mesterséges élelmiszerszínezékek alternatívájaként az utóbbi időben egyre nagyobb teret hódít a színező élelmiszerek alkalmazása egy élelmiszertermék kívánt színének beállításához. Ezek a színező élelmiszerek nagy mennyiségben tartalmaznak intenzív színező erővel bíró természetes növényi színanyagokat (pigmenteket) ezért igen csekély mennyiség (~ 1%) adagolásával is elérhető a kívánt hatás. A színező élelmiszerek alkalmazása során azonban felmerül a kérdés, hogy a nyersanyagból előállított színező koncentrátum az élelmiszerbe kerülve milyen színezőképességgel és mekkora színstabilitással rendelkezik. Ennek megállapítására azonban nem elegendő csupán a nyersanyag antocianin készletének vizsgálata, hanem ismernünk szükséges azt is, hogy a gyümölcsből előállított színező koncentrátum az élelmiszerbe kerülve milyen színezőerővel és színstabilitással rendelkezik.

Színező élelmiszer előállítása és felhasználása szempontjából eredményeim alapján a hazai termesztésű Samocco bizonyult a legígéretesebb fekete bodza fajtának a vizsgáltak közül. A nyers gyümölcs kiemelkedően nagy antocianin tartalommal rendelkezett mindkét évjáratban, melyhez nagy vízdoldható szárazanyag tartalom párosult. Ezen kívül egyedi antocianin profilját a magas cianidin-3-*O*-szambubiozid komponens koncentrációja adja, mely optimális érettségi állapotban meghaladja a gyümölcsben található összes antocianin tartalom 50%-át. Ez utóbbi megállapítás esetleges fajtaazonosítás céljából is hasznosítható.

Az iparban alkalmazott gyümölcssűrítmény-előállítás technológia hatásaival szemben és a színezett szamócás joghurtkészítmény tárolási körülményei ellen is a Samocco mutatott nagyobb színstabilitást a Haschberg fajtával összehasonlítva. Ez feltehetően a Samocco fajtában megtalálható magas cianidin-3-*O*-szambubiozid koncentrációnak köszönhető, ugyanis a cianidin aglikonhoz kapcsolódó cukormolekulák számával arányosan nő a molekula stabilitása, vagyis a cianidin-3-*O*-glükózid a legkevésbé robusztus színanyagkomponens. Ennek magyarázata vélhetően a molekulák kémiai szerkezetében van. Minél több cukormolekula kapcsolódik éterkötéssel a cianidin alapvázhoz, annál kevesebb fenolos hidroxilcsoport marad szabadon, így annál ellenállóbb lesz az antocianidin szacharid-konjugátum a hidrolízis folyamatának. Mindezek alapján tehát fontos az egyes fajtákra optimalizált koncentrátum-előállítás technológia alkalmazása, valamint a színezni kívánt élelmiszer jellege.

Eredményeim alapján tehát elmondható, hogy kizárólag színező hatás szempontjából értékelve, a dán nemesítésű fekete bodza fajták alkalmasak a hazai termesztésbe való bevonásra. Antocianin tartalom szempontjából kiemelkedő fajta a Samocco, mely alkalmas lehet színező élelmiszerként felhasználva a mesterséges élelmiszer-színezékek és a kárminsav kiváltása céljából. Ennek megerősítésére azonban további kutatások szükségesek.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkban egyre jobban előtérbe kerül az egészségtudatos táplálkozás, melynek során egyre nagyobb hangsúly helyeződik az élelmiszerekben felhasznált adalékanyagokra. A tudatos vásárlóknál ma már negatív fogyasztói magatartást eredményez a kémiai adalékanyagok alkalmazása, különösen a gyermekeknek szánt élelmiszerek esetén. Ezt a tendenciát tovább erősíti az Európai Parlament és Tanács élelmiszer-adalékanyagokra vonatkozó 1333/2008-as rendelete, melynek V. mellékletének értelmében 2010. július 20. óta a Southampton színezékek alkalmazása esetén ma már nem elegendő csupán annak nevét vagy E-számát feltüntetni, hanem az alábbi mondatot is szerepeltetni kell a termék címkéjén: „A gyermekek tevékenységére és figyelmére káros hatást gyakorolhat”. A Southampton színezékek közé három sárga és három vörös színezék tartozik, melyek elsősorban a gyermekeknek szánt élelmiszerekben találhatók meg.

Mindezek hatására az élelmiszergyártók körében komoly törekvés mutatkozik a mesterséges színezékek kiváltására, melyek alternatívájaként számos természetes növényi forrás említhető meg. Ide tartoznak a nagy színanyag tartalommal rendelkező gyümölcsök/zöldségek, ugyanis színező élelmiszerként történő felhasználásuk során a pigmentek természetes módon kerülnek az élelmiszerbe, a különböző mennyiségek felhasználásával változatos színintenzitást érhetünk el, továbbá növelik a termék táplálkozásbiológiai értékét.

A színező élelmiszerek alkalmazása során azonban felmerül a kérdés, hogy a nyersanyagból előállított színező koncentrátum az élelmiszerbe kerülve milyen színezőképességgel és mekkora színstabilitással rendelkezik. Ennek megállapítására azonban nem elegendő csupán a nyersanyag antocianin készletének vizsgálata. Munkám során ezért három szakaszra bontható átfogó kísérletsorozattal kívántam meghatározni a fekete bodza (*Sambucus nigra* L.) gyümölcs színező élelmiszerként történő felhasználásának lehetőségeit.

Kutatásom kiinduló lépéseként a növényi nyersanyag antocianin profiljának feltérképezése történt minőségi és mennyiségi oldalról, melyen belül vizsgáltam a fajták, az érési folyamat és a termőhely okozta eltéréseket. A vizsgált fekete bodza fajtákban három cianidin alapú antocianin molekulát azonosítottam, melyeknek előfordulási mennyisége fajta és érettségi állapot szerint eltérő. Színező élelmiszer előállítás szempontjából vizsgálataim alapján a Samocco bizonyult a legígéretesebb fajtának, ugyanis mind antocianin tartalom, mind vízzoldható szárazanyag tartalom szempontjából kiemelkedő értékekkel rendelkezik mindkét évjáratban. A Samocco fajta további sajátossága az egyedi antocianin profil, ugyanis a cianidin-3-*O*-szambubiozid komponens koncentrációja meghaladja a gyümölcsben található összes antocianin tartalom 50%-át. A többi vizsgált fajta esetében a cianidin-3-*O*-glükozid mennyisége volt a domináns. Antocianin tartalom szempontjából a dán Samyl fajta rendelkezett mindkét évjáratban a legalacsonyabb értékekkel, míg

a Magyarországon általánosan termesztett Haschberg fajta eredményeit tekintve a középmezőnyben foglalt helyet.

Kutatásom második szakaszában arra kerestem választ, hogy a növényi nyersanyagban található antocianin komponensek milyen formában és mekkora mennyiségben kerülnek át az élelmiszer színezésére szánt koncentrátumba. Ennek során a sűrítmény-gyártás technológiai lépéseinek hatását vizsgáltam a kiválasztott fekete bodza fajták színanyag-összetételére. Eredményeim alapján elmondható, hogy a zúzás, a pektolitikus enzim bontás és a préselés növelte az antocianin tartalmat vagy nem okozott változást benne, míg a derítés és a szűrés művelete csökkenést okozott a szárazanyagra vetített eredmények esetében. A második pektinbontó enzimkezelés a Haschberg fajta esetében szignifikánsan ($P < 0,05$) növelte az összes színanyag tartalmát, addig a Samocco fajtánál a szűrési művelet szignifikánsan ($P < 0,05$) csökkentette azt. Vizsgálataim során a mintákban antocianin profilváltozást is tapasztaltam, ugyanis tömegspektrometriai módszerrel két új dimer antocianin komponenst azonosítottam. Ezek feltételezhetően a sűrítménygyártás során alkalmazott hőközlés hatására jöttek létre, a fekete bodza gyümölcsben már korábban megtalálható antocianidin szacharid-konjugátumok összekapcsolódása révén. Feltételezhetően az egyik dimer termék két cianidin-3-*O*-szambubiozid komponensből, míg a másik egy cianidin-3-*O*-szambubiozid és egy cianidin-3-*O*-glükózid molekulából létrejött antocianin alkotó.

A harmadik munkaszakaszban az előállított fekete bodza koncentrátumok színező élelmiszerként történő alkalmazhatóságát vizsgáltam szamócás joghurthoz adagolva, melynek során a sűrítményekből származó antocianinok stabilitását követtem nyomon egy 6 hetes tárolási kísérlet alatt. Eredményeim alapján az a szamócás joghurt, mely a Samocco fajtából előállított sűrítménnyel volt színezve, nagyobb mértékben megőrizte összes színanyag tartalmát a 42 napos tárolás végére, mint a Haschberg fajta sűrítményével színezett minta, ugyanakkor a termék kívánt színének eléréséhez 0,1 m/m%-kal kevesebb mennyiségű sűrítményre volt szükség a dán nemesítésű fajtából.

Általánosan elmondható, hogy a fekete bodzában lévő cianidin aglikonhoz kapcsolódó cukormolekulák számával arányosan nő a molekula stabilitása a technológiai behatásokkal és a tárolási idővel szemben, vagyis a legnagyobb stabilitással rendelkező színanyag komponens a cianidin-3-*O*-szambubiozid-5-*O*-glükózid, míg a legkevésbé robusztus a cianidin-3-*O*-glükózid.

Összegezve, PhD munkám eredményei alap kutatás jellegűek, ezek alapján azonban elmondható, hogy kizárólag színező hatás szempontjából értékelve, a dán nemesítésű fekete bodza fajták alkalmasak a hazai termesztésbe való bevonásra. Antocianin tartalom szempontjából kiemelkedő fajta a Samocco, mely alkalmas lehet színező élelmiszerként történő felhasználásra.

7. SUMMARY

Today, health-conscious diet is becoming more widespread in the world and consumers preference has shifted towards additive-free foods. The use of chemical additives may result in rejection, particularly in case of children foods. In recent days, market for synthetic colourants has decreased in favour of natural colourants, especially since the human safety of synthetic food dyes has been legally questioned. The regulation of the European Commission 1333/2008/EC states that foods containing certain artificial colouring material („Southampton” colourants) must be labelled with the following phrase: ‘may have an adverse effect on activity and attention in children’. Based on the above regulation along with the strengthening consumer demand, food producers tend to make efforts to replace their synthetic food colouring agents with natural food colourants.

There are several alternatives of artificial colourants from plant sources with high pigment content. For instance concentrates made of these fruits/vegetables are widely used as colouring food to reach the desired colour intensity of food, therefore the value of the food product is increased in a natural way.

However, when using such concentrated colouring food, the question arises, how its colouring properties and stability will be manifested in its final environment, i.e. after added to food. To address this question, I carried out a comprehensive study on elderberry (*Sambucus nigra* L.) to reveal its possibility to use as colouring food.

In the first part of my PhD work, my aim was to characterise the anthocyanin types and contents of five elderberry varieties. As a result, three cyanidin-based anthocyanin molecules were identified in each variety, however abundances of each species were varied by variety, ripening stage, growing area and harvest year. In terms of coloring food production, Samocco proved to be the most promising variety due to the highest anthocyanin concentration and high soluble solid content in case of both vintages. Furthermore, Samocco had an unique anthocyanin profile compared to other studied varieties, because in this Danish variety cyanidin-3-*O*-sambubioside accounted for more than 50% of all analysed anthocyanins. With regard to other varieties, Danish Samyl had the lowest pigment concentration, whereas Haschberg, the leading variety in Hungary as well as in Europe, was in the mid-range.

The aim of the second part was to investigate the effects of industrial concentrate production technology on individual anthocyanin pigments of elderberry juice. Qualitative and quantitative changes in elderberry anthocyanins were investigated in process samples obtained from various steps of concentrate production. Processing steps such as crushing, pectolytic enzymatic treatments, mash pressing either enriched anthocyanin content of the product or left it unaffected, whereas generally applied purification steps such as clarification and filtration resulted in a decrease in

anthocyanin content of the total dry matter content of the processed juice. Total anthocyanin content increased significantly ($P < 0.05$) after second enzymatic treatment in case of Haschberg, while pigment concentration decreased significantly ($P < 0.05$) after filtration in case of Samocco.

Additionally, change of anthocyanin profile occurred during the processing technology because the presence of two dimeric anthocyanin compounds was revealed. These compounds generated after heat treatment with interconnection of previously found anthocyanidin-saccharide conjugates in elderberry and were identified by mass spectrometry method as dimeric product of two cyanidin-3-*O*-sambubiosides and dimeric product of cyanidin-3-*O*-sambubioside and cyanidin-3-*O*-glucoside. Their presence were detected after heat treatment in each technology step although their concentration almost negligible in the final product.

In the third part of my work, I investigated the colouring potential of concentrated elderberries produced in the second section in strawberry yoghurts and stability of anthocyanins was followed during a storage period of 6 weeks. Among the two investigated varieties, Samocco concentrate provided the same colour intensity at lower concentration than Haschberg. Furthermore, yoghurt coloured with Samocco concentrate preserved more of its anthocyanins during storage.

In addition, it was observed that the stability of cyanidin-compounds in elderberry during the processing technology and storage experiment seems to be positively correlated to the complexity/number of sugar derivatives linked to the cyanidin aglycone. Namely; cyanidin-3-*O*-sambubioside-5-*O*-glucoside and cyanidin-3-*O*-sambubioside were found to be more stable compared to less complex conjugates such as cyanidin-3-*O*-glucoside.

In conclusion, solely evaluated based on coloring properties, and not considering any cultivation-related or economical aspects, studied Danish elderberry varieties are advised for cultivation in Hungary as raw material for natural food colourant processing industry. Among the studied varieties, Samocco might be the most potent one due to its high anthocyanin content and beneficial anthocyanin profile.

8. MELLÉKLETEK

M1. Irodalomjegyzék

- ADAM BURROWS, J. D. (2009): Palette of Our Palates: A Brief History of Food Coloring and Its Regulation. *Comprehensive Reviews in Food science and Food Safety*, 8 (4) 394. p. doi:10.1111/j.1541-4337.2009.00089.x
- AMCHOVA, P., KOTOLOVA, H. & RUDA-KUCEROVA, J. (2015): Health safety of synthetic food colorants. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 73 (3) 914–922. p. doi:10.1016/j.yrtph.2015.09.026
- ANDERSEN, O. M. & JORDHEIM, M. (2006): The anthocyanins. In: ANDERSEN, O. M. & MARKAM, K. R. (szerk): *Flavonoids Chemistry, Biochemistry and Applications*. Boca Raton: CRC Press. 471–551. p.
- AWAD, M. A., DE JAGER, A., VAN DER PLAS, L. H. W. & VAN DER KROL, A. R. (2001): Flavonoid and chlorogenic acid changes in skin of 'Elstar' and 'Jonagold' apples during development and ripening. *Scientia Horticulturae*, 90 (1–2) 69–83. p. doi:10.1016/S0304-4238(00)00255-7
- BAKOWSKA, A., KUCHARSKA, A. Z. & OSZMIANSKI, J. (2003): The effects of heating, UV irradiation, and storage on stability of the anthocyanin-polyphenol copigment complex, *Food Chemistry*, 81 (3) 349–355. p. doi:10.1016/s0308-8146(02)00429-6
- BAKOWSKA-BARCZAK, A. (2005): Acylated anthocyanin as stable, natural food colorants – a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 14 107–116. p.
- BÁNÁTI, D., LAKNER, Z. & VAJDAI, T. (2003): Élelmiszer-biztonsági közlemények I. kötet. Budapest: Környezet és Fejlődés Kiadó. 11. p.
- BARROWS, J., LIPMAN, A. & BAILEY, C. (2003): Color additives: FDA's Regulatory Process and Historical Perspectives. *Food Safety Magazine*, U.S. Food and Drug Administration. Silver Spring.
- BERKE, B., CHEZE, C., VERCAUTEREN, J. & DEFFIEUX, G. (1998): Bisulfite addition to anthocyanins: revisited structures of colourless adducts. *Tetrahedron Letters*, 39 (32) 5771–5774. p. doi:10.1016/S0040-4039(98)01205-2
- BIALE, J. B. (1960): Respiration of fruits. In: RUHLAND, W. (szerk): *Handbuch der Pflanzenphysiologie*. Berlin: Springer Verlag.
- BIALE, J. B. & YOUNG, R. E. (1981): Respiration and Ripening in Fruit-Retrospect and Prospect. In: FRIEND, J. & RHODES, M. J. C. (szerk.): *Recent Advances in the Biochemistry of Fruit and Vegetables*. New York: Academic Press. 1–39. p.

- BLOOR, S. J.(1997): Blue flower colour derived from flavonol-anthocyanin co-pigmentation in *Ceanothus papillosus*. *Phytochemistry*, 45 (7) 1399–1405. p. doi:10.1016/S00319422(97)00129-5
- BLOOR, S. J. & ABRAHAMAS, S. (2002): The structure of the major anthocyanins in *Arabidopsis thaliana*. *Phytochemistry*, 59 (3) 343–346. p. doi:10.1016/S00319422(01)00460-5
- BOULTON, R. (2001): The copigmentation of anthocyanins and its role in the color of red wine: A critical review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52 (2) 67–87. p.
- BRENES, M., HIDALGO, F., GARCÍA, A., RIO, J., GARCÍA, P., ZAMORA, R. & GARRIDO, A. (2000): Pinoresinol and 1-acetoxypinoresinol, two new phenolic compounds identified in olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77 (7) 715–720. p. doi:10.1007/s11746-000-0115-4.
- BRIDLE, P. & TIMBERLAKE, C. F. (1997): Anthocyanins as natural food colours – selected aspects. *Food Chemistry*, 58 (1) 103–109. p. doi:10.1016/S0308-8146(96)00222-1
- BRONNUM-HANSEN, K., JACOBSEN, F. & FLINK, J. M. (1985): Anthocyanin colorants from elderberry (*Sambucus nigra* L.) 1. Process considerations for production of the liquid extract. *Journal of Food Technology*, 20 (6) 703–711. p. doi:10.1111/j.13652621.1985.tb01968.x
- BROUILLARD, R. (1982): Chemical structure of anthocyanins. In: MARKASIS, P. (szerk): *Anthocyanins as Food Color*. New York: Academic Press. 1–40. p.
- CABRITA, L. (1999): *Analysis and stability of anthocyanins*. Doktori értekezés. University of Bergen, Department of Chemistry.
- CASATI, C. B., SÁNCHEZ, V., BAEZA, R., MAGNANI, N., EVELSON, P. & ZAMORA, M. C. (2012): Relationships between colour parameters, phenolic content and sensory changes of processed blueberry, elderberry and blackcurrant commercial juices. *International Journal of Food Science & Technology*, 47 (8) 1728–1736. p. doi:10.1111/j.13652621.2012.03027.x
- CASSIDY, A., MUKAMAL, K. J., LIU, L., FRANZ, M., ELIASSEN, A. H. & RIMM, E. B. (2013): High anthocyanin intake is associated with a reduced risk of myocardial infarction in young and middle-aged women. *Circulation*, 127 (2) 188–196. p. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.112.122408.
- CASTAÑEDA-OVANDO, A, PACHECO-HERNANDEZ, M. L., PÁEZ-HERNÁNDEZ, M. E., RODRIGUEZ, J. A. & GALAN-VIDAL, C. A. (2009): Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113 (4) 859–71. p. doi:10.1016/j.foodchem.2008.09.001
- CEMEROGLU, B., VELIOGLU, S. & ISIK, S. (1994): Degradation Kinetics of Anthocyanins in Sour Cherry Juice and Concentrate. *Journal of Food Science*, 59 (6) 1216–1218. p. doi:10.1111/j.1365-2621.1994.tb14680.x

- CEVALLOS-CASALS, B. A. & CISNEROS-ZEVALLOS, L. (2004): Stability of anthocyanin-based aqueous extracts of Andean purple corn and red-fleshed sweet potato compared to synthetic and natural colorants. *Food Chemistry*, 86 (1) 69–77. p. doi:10.1016/j.foodchem.2003.08.011
- CHUNG, C., ROJANASASITHARA, T., MUTILANGI, W. & MCCLEMENTS, D. J. (2015): Enhanced stability of anthocyanin-based color in model beverage systems through whey protein isolate complexation. *Food Research International*, 76 761–768. p. doi:10.1016/j.foodres.2015.07.003
- CLIFFORD, M. N. (2000): Anthocyanins – nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80 (7) 1063–1072. p. doi:10.1002/(SICI)10970010(20000515)
- COOPER-DRIVER, G. A. (2001): Contributions of Jeffrey Harborne and co-workers to the study of anthocyanins. *Phytochemistry*, 56 (3) 229–236. p. doi:10.1016/S00319422(00)00455-6
- CZUKOR, B., MATUSEK, A., LÉDER, F-NÉ, SCHUSTERNÉ, G. I. & VÁSÁRHELYINÉ, P. K. (2005): Az egészségmegőrzést szolgáló minőségnövelő anyagok alkalmazása élelmiszer előállításnál. *Konzervújság*, 4 92–96. p.
- DA COSTA, C. T., NELSON, B. C., MARGOLIS, S. A. & HORTON, D. (1998): Separation of blackcurrant anthocyanins by capillary zone electrophoresis. *Journal of Chromatography A*, 799 (1–2) 321–327. p. doi:10.1016/S0021-9673(97)01043-1
- DANGLES, O., SAITO, N. & BROUILLARD, R. (1993). Anthocyanin intramolecular copigment effect, *Phytochemistry*, 34 (1) 119–124. p. doi:10.1016/S0031-9422(00)90792-1
- DAVID, T. J., PATEL, L. & EWING, C. I. (1999): Food Allergies. In: SADLER, M. J. (szerk): *Encyclopedia of Human Nutrition*. London: Academic Press. 832–843. p.
- DAWIDOWICZ, A. L., WIANOWSKA, D. & BARANIAK, B. (2006): The antioxidant properties of alcoholic extracts from *Sambucus nigra* L. (antioxidant properties of extracts). *LWT-Food Science and Technology*, 39 (3) 308–315. p. doi:10.1016/j.lwt.2005.01.005
- DE PASCUAL-TERESA, S. & SANCHES-BALLESTA, M. T. (2008): Anthocyanins: from plant to health. *Phytochemistry Reviews*, 7 (2) 281–299. doi:10.1007/s11101-007-9074-0.
- DE RIJKE, E., OUT, P., NIESSEN, W., ARIESE, F., GOOJJE, C. & BRINKMAN, U. A. T. (2006): Analytical separation and detection methods for flavonoids. *Journal of Chromatography A*, 1112 (1) 31–63. p. doi:10.1016/j.chroma.2006.01.019
- DEL CARO, A. & PIGA, A. (2008): Polyphenol composition of peel and pulp of two Italian fresh fig fruits cultivars (*Ficus carica* L.). *European Food Research and Technology*, 226 715–719. p. doi:10.1007/s00217-007-0581-4
- DEL RIO, D., RODRIGUEZ-MATEOS, A., SPENCER, P. E. J., TOGNOLINI, M., BORGES, G. & CROZIER, A. (2013): Dietary (Poly)phenolics in Human Health: Structures, Bioavailability,

- and Evidence of Protective Effects Against Chronic Diseases. *Antioxidant & Redox Signaling*, 18 (14) 1812–1819. p. doi:10.1089/ars.2012.4581
- DEY, P. M. & HARBORNE, J. B. (1993): *Methods in plant biochemistry*. New York: Academic Press. 406–408. p.
- DONNER, H., GAO, L. & MAZZA, G. (1997): Separation and characterization of simple and malonylated anthocyanins in red onions, *Allium cepa* L. *Food Research International*, 30 (8) 637–643. p. doi:10.1016/S0963-9969(98)00011-8
- DOWNHAM, A. & COLLINS, P. (2000): Colouring our foods in the last and next millennium. *International Journal of Food Science and Technology*, 35 (1) 5–11. p. doi:10.1046/j.1365621.2000.00373.x
- DYRBY, M., WESTERGARRD, N. & STAPELFELDT, H. (2001): Light and heat sensitivity of red cabbage extract in soft drink model systems. *Food Chemistry*, 72 (4) 431–437. p. doi:10.1016/S0308-8146(00)00251-X
- DRDAK, M. & DAUCIK, P. (1990): Changes of elderberry (*Sambucus- Nigra*) pigments during the production of pigment concentrates. *Acta Alimentaria*, 19 (1) 3–7. p.
- FÁBRY, GY. (1995): Élelmiszeripari eljárások és berendezések. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 392–428. p.
- FANG, J. (2014): Bioavailability of anthocyanins. *Drug Metabolism Reviews*, 46 (4) 508–520. p. doi:10.3109/03602532.2014.978080
- FEJÉR, J., SALAMON, I., GRULOVA, D., MICHALEK, S. & ZVALOVA, M. (2015): Elderberry (*Sambucus nigra*) cultivation in slovak republic and identification and quantification of anthocyanins. *Acta Horticulturae*, 1061 (1) 253–258. p. doi:10.17660/ActaHortic.2015.1061.28
- FENG, J., CERNIGLIA, C. E. & CHEN, H. (2012): Toxicological significance of azo dye metabolism by human intestinal microbiota. *Journal of Food Science*, 55 (4) 1064–1065. p. doi:10.1111/j.1365-2621.1990.tb01598.x
- FICZEK, G. (2012): Hazai alma- és meggyfajták humán egészségvédő és felhasználhatósági értékei gyümölcsanalízis alapján. Doktori disszertáció. Budapesti Corvinus Egyetem. Budapest: 71–75. p.
- FODOR, Z., KOLLÁTH, K. & CSONKA, T. (2013): Beszámoló 2012. év éghajlatáról és szélsőséges időjárási eseményeiről. Országos Meteorológiai Szolgálat, 1–24. p.
- FODOR, Z., KOLLÁTH, K., CSONKA, T., VÉBER, I. & VINCZE, E. (2014): Beszámoló 2013. év éghajlatáról és szélsőséges időjárási eseményeiről. Országos Meteorológiai Szolgálat, 1–30. p.
- FÖLDESI, D. (2000): *Sambucus nigra* L. – Fekete bodza. In: BERNÁTH, J. (szerk.): *Gyógy – és aromanövények*. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 520–523. p.

- FOSSEN, T., CARBRITA, L. & ANDERSEN, R. M. (1998): Colour and stability of pure anthocyanins influenced by pH including the alkaline region. *Food Chemistry*, 63 (4) 435–440. p. doi:10.1016/S0308-8146(98)00065-X
- FRANCIS, F. J. (1989): Food colorants: anthocyanins. *Critical Review of Food Science and Nutrition*, 28 (4) 273–314. p.
- GAO, L. & MAZZA, G. (1994): Quantification and distribution of simple and acylated anthocyanins and other phenolics in blueberries. *Journal of Food Science*, 59 (5) 1057–1059. p. doi:10.1111/j.1365-2621.1994.tb08189.x
- GARCIA-ALONSO, M., RIMBACH, G., RIVAS-GONSALO, J. C. (2004): Antioxidant and cellular activities of anthocyanins and their corresponding vitisins A –studies in platelets, monocytes, and human endothelial cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (11) 3378–3384. p. doi:10.1021/jf035360v
- GARZON, G. A. & WROLSTAD, R. E. (2002): Comparison of the stability of pelargonidin-based anthocyanins in strawberry juice and concentrate, *Journal of Food Science*, 67 (4) 1288–1299. p. doi:10.1111/j.1365-2621.2002.tb10277.x
- GIUSTI, M. M., RODRIGUEZ-SAONA, L. E., BAGGETT, J. R., REED, G. L., DURST, R. W. & WROLSTAD, R. E. (1998): Anthocyanin pigment composition of red radish cultivars as potential food colorants. *Journal of Food Science*, 63 (2) 219–224. p. doi:10.1111/j.1365-2621.1998.tb15713.x
- GIUSTI, M. M. & WROLSTAD, R. E. (2003): Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical Engineering Journal*, 14 (3) 217–225. p. doi:10.1016/S1369-703X(02)00221-8
- GOMBKÖTŐ, G. (1985): Növényi színyanyagok. In: GOMBKÖTŐ, G. & SAJGÓ, M. (szerk): *Biokémia*. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 160–168. p.
- GONZALES, E., FOUGEROUSSE, A. & BROUILLARD, R. (2001): Two diacetylated malvidin glycosides from *Petunia hybrida* flowers. *Phytochemistry*, 58 (8) 1257–1262. p. doi:10.1016/S0031-9422(01)00280-1
- GREENHAWT, M. J. & BALDWIN, J. L. (2009): Carmine dye and cochineal extract: hidden allergens no more. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 103 (1) 73–75. p. doi:10.1016/S10811206(10)60146-9
- HALE, K. L., MCGRATH, S. P., LOMBI, E., STACK, S. M., TERRY, N., PICKERING, I. J., GEORGE, G. N. & PILON-SMITS, E. A. (2001). Molybdenum sequestration in Brassica species. A role for anthocyanins? *Plant Physiology*, 126 (4) 1391–1402. p.
- HALVORSEN, B. L., HOLTE, K., MYHRSTAD, M. C. W., BARIKMO, I., HVATTUM, E., REMBERG, S. F., WOLD, A. B., HAFFNER, K., BAUGEROD, H., ANDERSEN, L. F.,

- MOSKAUG, J. O., JACOBS, J. R. D. R. & BLOMHOFF, R. (2002): A systematic screening of total antioxidants in dietary plants. *Journal of Nutrition*, 132 (3) 461–471. p.
- HÁMORINÉ SZABÓ, J. (1974): A gyümölcs fejlődése és érése. In: GYURÓ, F. (szerk.): *A gyümölcstermesztés alapjai*. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 369–397. p.
- HÁMORINÉ SZABÓ, J., VÁRADINÉ BURGETTI, C. (1990): A gyümölcs növekedése, érése, utóérése. In: GYURÓ, F. (szerk.): *Gyümölcstermesztés*. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 217–242 p.
- HARBORNE, J. B. & HALL, E. (1964): Plant polyphenols. 13. The systematic distribution and origin of antocyanins containing branched trisaccharides. *Phytochemistry*, 3 (3) 453–463. p. doi:10.1016/S0031-9422(00)83630-4
- HARKER, F. R., MARSH, K. B., YOUNG, H., MURRAY, S. H., GUNSON, F. A., WALKER, S. B. (2002): Sensory interpretation of instrumental measurements 2: sweet and acid taste of apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 24 (3) 241–250. p. doi:10.1016/S09255214(01)00157-0
- HARNLY, J. M., BHAGWAT, S. & LIN, L. Z. (2007): Profiling methods for the determination of phenolic compounds in foods and dietary supplements. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 389 (1) 47–61. p. doi:10.1007/s00216-007-1424-7
- HEBRERO, E., SANTOS-BUELGA, C. & RIVAS-GONZALO, J. C. (1988): High Performance Liquid Chromatography-Diode Array Spectroscopy Identification of Anthocyanins of *Vitis vinifera* variety Tempranillo. *American Journal of Enology and Viticulture*, 39 (3) 227–233. p.
- HECKE, K., HERBINGER, K., VEBERIC, R., STEFANCIC, M., TOPLAK, H., STAMPAR, F., KEPPEL, H. & GRILL, D. (2006): Sugar-, acid- and phenol contents in apple cultivars from organic and integrated fruit cultivation. *European Journal of Clinical Nutrition*, 60 (9) 1136–1140. p. doi:10.1038/sj.ejcn.1602430
- HILLEBRAND, S., SCHWARZ, M. & WINTERHALTER, P. (2004): Characterization of anthocyanins and pyranoanthocyanins from blood orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (24) 7331–7338. p. doi:10.1021/jf0487957
- HONDA, T. & SAITO, N. (2002): Recent progress in the chemistry of polyacylated anthocyanins as flower color pigments. *Heterocycles*, 56 (1–2) 633–692. p. doi:10.3987/rev-01-sr(k)2
- HONG, V. & WROLSTAD, R. E. (1990): Use of HPLC separation/photodiode array detection for characterization of anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38 (3) 708–715. p. doi:10.1021/jf00093a026
- HORVÁTH, D.-NÉ (2007a): Hőkezeléssel tartósított termékek előállítása. In: BARTA, J. (szerk.): *A gyümölcsfeldolgozás technológiái*. Budapest: Mezőgazda Kiadó, 58–82. p.

- HORVÁTH, D.-NÉ (2007b): A gyümölcsfeldolgozás adalékanyagai. In: BARTA, J. (szerk): *A gyümölcsfeldolgozás technológiái*. Budapest: Mezőgazda Kiadó, 203–208. p.
- HORVÁTH-KERKAI, E. & STÉGER-MÁTÉ, M. (2012): Manufacturing Fruit Beverages and Concentrates. In: SINHA, N. K., SIDHU, J. S., BARTA, J., WU, J. S. B. & CANO, M. P. (szerk.): *Handbook of Fruits and Fruit Processing*, Oxford: Wiley-Blackwell. 215–228. p.
- ILTO, F., TANAKA, N., KATSUKI, A. & FUJI, T. (2002): Why do flavylum salts show so various colors in solution?: Effect of concentration and water on the flavylum's color changes. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 150 (1–3) 153–157. p. doi:10.1016/S1010-6030(02)00096-5
- INAMI, O., TAMURA, I., KIKUZAKI, H. & NAKATANI, N. (1996): Stability of anthocyanins of *Sambucus canadensis* and *Sambucus nigra*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44 (10) 3090–3096. p. doi:10.1021/jf9507809
- IOANNOU, I., HAFSA, I., HAMDY, S. & GHOUL, M. (2012): Review of the effects of food processing and formulation on flavonol and anthocyanin behaviour. *Journal of Food Engineering*, 111 (2) 208–217. p. doi:10.1016/j.jfoodeng.2012.02.006
- JAKOBEK, L. S., MEDVIDOVIC-KOSANOVIC, M. & NOVAK, I. (2007): Anthocyanin and antioxidant capacity of various red fruit juices. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 103 (2) 58–64. p.
- JENNINGS, A., WELCH, A. A., FAIRWEATHER-TAIT, S. J., KAY, C., MINIHADE, A. M., CHOWIENCZYK, P., JIANG, B., CECELJA, M., SPECTOR, T., MACGREGOR, A. & CASSIDY, A. (2012): Higher anthocyanin intake is associated with lower arterial stiffness and central blood pressure in women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 96 (4) 781–788. p. doi:10.3945/ajcn.112.042036
- KAACK, K. (1990): Ripening of elderberry (*Sambucus nigra* L.). *Tidsskrift for Planteavl*, 94 (1) 127–129. p.
- KAACK, K. & AUSTED, T. (1998): Interaction of vitamin C and flavonoids in elderberry (*Sambucus nigra* L.) during juice processing. *Plant Foods for Human Nutrition*, 52 (3) 187–198. p. doi:10.1023/A:1008069422202
- KAACK, K., FRETTE, X. C., CHRISTENSEN, L. P., LANDBO, A. K. & MEYER, A. S. (2008): Selection of elderberry (*Sambucus nigra* L.) genotypes best suited for the preparation of juice. *European Food Research and Technology*, 226 (4) 843–855. p. doi:10.1007/s00217-007-0605-0
- KADER, F., IRMOULI, M., NICOLAS, J. P. & METCHE, M. (1999): Degradation of cyanidin by caffeic acid o-quinone. Determination stoichiometry and characterization of degraded products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47 (11) 4625–4630. p. doi:10.1021/jf981400x

- KADER, F., IRMOULI, M., NICOLAS, J. P. & METCHE, M. (2002): Involvement of Blueberry Peroxidase in the Mechanisms of Anthocyanin Degradation in Blueberry Juice. *Journal of Food Science*, 67 (3) 910–915. p. doi:10.1111/j.1365-2621.2002.tb09427.x
- KÄHKÖNEN, M. P., HOPIA, A. I. & HEINONEN, M. (2001): Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (8) 4076–4082. p. doi:10.1021/jf010152t
- KÁLLAY, T.-NÉ, FICZEK, G., ANDOR, D., STÉGERNÉ MÁTÉ M., BORONKAY, G., KIRILLA, Z., BUJDOSÓ, G., VÉGVÁRI, GY., TÓTH, M. (2010): Variety specific integrated fruit production development in order to optimize inner content value. *International Journal of Horticultural Science*, 16 (2) 27–31. p.
- KAPASAKALIDIS, P. G., RASTALL, R. A. & GORDON, M. H. (2006): Extraction of polyphenols from processed black currant (*Ribes nigrum* L.) residues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (11) 4016–4021. p. doi:10.1021/jf052999l
- KEARSLEY, M. W. & RODRIGUEZ, N. (1981): The stability and use of natural colours in foods: anthocyanin, β -carotene and riboflavin. *International Journal of Food Science & Technology*, 16 (4) 421–431. p. doi:10.1111/j.1365-2621.1981.tb01833.x
- KIRCA, A., ÖZKAN, M. & CEMEROĞLU, B. (2006): Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars. *Food Chemistry*, 97 (4) 598–605. p. doi:10.1016/j.foodchem.2005.05.036
- KIRCA, A., ÖZKAN, M. & CEMEROĞLU, B. (2007): Effects of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins. *Food Chemistry*, 101 (1) 212–218. p. doi:10.1016/j.foodchem.2006.01.019
- KONCZAK, I. & ZHANG, W. (2004): Anthocyanins-More Than Nature's Colours. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2004 (5) 239–240. p. doi:10.1155/s1110724304407013
- KONG, J. M., CHIA, L. S., GOH, N. K., CHIA, T. F. & BROUILLARD, R. (2003): Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 64 (5) 923–933. p. doi:10.1016/S0031-9422(03)00438-2
- KOVÁCS, SZ. & TÓTH, M. (2001): Fekete bodza. In TÓTH, M. (szerk.): *Gyümölcsészet*. Nyíregyháza: Primom Vállalkozásélénkítő Alapítvány. 417–425. p.
- KRÜGER, E., DIETRICH, H., SCHÖPPLEIN, E., RASIM, S. & KÜRBEL, P. (2011): Cultivar, storage conditions and ripening effects on physical and chemical qualities of red raspberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 60 (1) 31–37. p. doi:10.1016/j.postharvbio.2010.12.001
- LAKSHMI, G. C. (2014): Food Coloring: The natural way (review). *Research Journal of Chemical Sciences*, 4 (2) 87–96.
- LÁSZTITY, R. (1981): *Az élelmiszerbiokémia alapjai*. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó.

- LAZARUS, S. A., ADAMSON, G. E., HAMMERSTONE, J. F. & SCHMITZ, H. H. (1999): High performance liquid chromatography/mass spectrometry analysis of proanthocyanidins in food and beverages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47 (9) 3693–3701. p. doi:10.1021/jf9813642
- LEE, J., DURST, R. W. & WROLSTAD, R. E. (2005): Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. *Journal of the AOAC International*, 88 (5) 1269–1278. p.
- LEE, J. & FINN, C. E. (2007): Anthocyanins and other polyphenolics in American elderberry (*Sambucus canadensis*) and European elderberry (*S. nigra*) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87 (14) 2665–2675. p. doi: 10.1002/jsfa.3029
- LEE, M. J., PARK, J. S., CHOI, D. S. M & YUNG, M. Y. (2013): Characterization and Quantitation of Anthocyanins in Purple-Fleshed Sweet Potatoes Cultivated in Korea by HPLC-DAD and HPLC-ESI/TOF-MS/MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61 (12) 3148–3158. p. doi:10.1021/jf3055455
- LIN, L. Z. & HARNLY, J. M. (2007): A screening method for the identification of glycosylated flavonoids and other phenolic compounds using a standard analytical approach for all plant materials. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (4) 1084–1096. p. doi:10.1021/jf062431s
- LIU, Z., SCHWIMMER, J., LIU, D., GREENWAY, F. L., ANTHONY, C. T. & WOLTERING, E. A. (2005): Black raspberry extract and fractions contain angiogenesis inhibitors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (10) 3909–3915. p. doi:10.1021/jf048585u
- LUCAS, C. D., HALLAGAN, J. B. & TAYLOR, S. L. (2001): The role of natural color additives in food allergy. *Advances in Food and Nutrition Research*, 43 195–216. p. doi:10.1016/S10434526(01)43005-1
- LUKÁCS, GY. (1982): Színmérés. Budapest: Műszaki Kiadó. 341. p.
- MADHAVA NAIDU, M. & SOWBHAGYA, H. B. (2012): Technological Advances in Food Colors. *Chemical Industry Digest*, 79–88. p.
- MARKHAM, K. R. (1982): Techniques of Flavonoid Identification, New York: Academic Press Inc.
- MASSIOT, P., BARON, A., DRILLEAU, J. F. (1994): Characterisation and enzymatic hydrolysis of cell-wall polysaccharides from different tissue zones of apple. *Carbohydrate Polymers*, 25 (3) 145–154. p. doi:10.1016/0144-8617(94)90198-8
- MAZUR, S. P., NES, A., WOLD, A. B., REMBERG, S. F., MARTINSEN, B. K. & AABY, K. (2014): Effects of ripeness and cultivar on chemical composition of strawberry (*Fragaria x*

- ananassa Duch.) fruits and their suitability for jam production as a stable product at different storage temperatures. *Food Chemistry*, 146 (4) 412–422. p. doi:10.1016/j.foodchem.2013.09.086
- MAZZA, G., CACACE, J. E. & KAY, C. D. (2004): Methods of analysis for anthocyanins in plants and biological fluids. *Journal of AOAC International*, 87 (1) 129–145. p.
- MCCANN, D., BARRETT, A., COOPER, C., CRUMPLER, D., DALEN, L., GRIMSHAW, K., KITCHIN, E., LOK, K., PORTEOUS, L., PRINCE, E., SONUGA-BARKE, E., OWARNER, J. & STEVENSON, J. (2007): Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community. A randomized, double-blinded, placebo controlled trial. *Lancet*, 370 (9598) 1560–67. p. doi:10.1016/S0140-6736(07)61306-3
- MERKEN, H. M. & BEECHER, G. R. (2000): Measurement of food flavonoids by high performance liquid chromatography: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (3) 577–599. p. doi:10.1021/jf990872o
- MIKULIC-PETKOVSEK, M., SCHMITZER, V., SLATNAR, A., TODOROVIC, B., VEBERIC, R., STAMPAR, F. & IVANCIC, A. (2014): Investigation of anthocyanin profile of four elderberry species and interspecific hybrids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62 (24) 5573–5580. p. doi:10.1021/jf5011947
- NAGY, K., REDEUIL, K., BERTHOLET, R., STEILING, H. & KUSSMANN, M. (2009): Quantification of Anthocyanins and Flavonols in Milk-Based Food Products by Ultra Performance Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. *Analytical Chemistry*, 81 (15) 6347–6356. p. doi:10.1021/ac900608g
- NIKKHAH, E., KHAIAMY, M., HEIDARY, R. & AZAR, A. S. (2010): The effect of ascorbic acid and H₂O₂ treatment on the stability of anthocyanin pigments in berries. *Turkish Journal of Biology*, 34 (1) 47–53. p. doi:10.3906/biy-0805-14
- OANCEA S. & OPREAN L. (2011): Anthocyanins, from biosynthesis in plants to human health benefits. *Food Technology*, 15 (1) 3–15. p.
- OCHOA, M. R., KESSELER, A. G., VULLILOUD, M. B. & LOZANO, J. E. (1999): Physical and chemical characteristics of raspberry pulp: storage effect on composition and color. *Food Science and Technology*, 32 (3) 149–153. p. doi:10.1006/fstl.1998.0518
- OHGIYA, Y., ARAKAWA, F., AKIYAMA, H., YOSHIOKA, Y., HAYASHI, Y., SAKAI, S., ITO, S., YAMAKAWA, Y., OHGIYA, S., IKEZAWA, Z. & TESHIMA, R. (2009): Molecular cloning, expression, and characterization of a major 38-kd cochineal allergen. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 123 (5) 1157–1162. p. doi:10.1016/j.jaci.2008.12.1111
- OSZMIANSKI, J., WOJDYŁO, A. & KOLNIAK, J. (2009): Effects of enzymatic mash treatment and storage on phenolic composition, antioxidant activity, and turbidity of cloudy apple juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (15) 7078–7085. p. doi:10.1021/jf900806u

- OTSUKI, T., MATSUFUJI, H., TAKEDA, M., TOYODA, M. & GODA, Y. (2002): Acylated anthocyanins from red radish (*Raphanus sativus* L.). *Phytochemistry*, 60 (1) 79–87. p. doi:10.1016/S0031-9422(02)00063-8
- ÖZKAN, M., YEMENICIOĞLU, A., ASEFI, N. & CEMEROĞLU, B. (2002): Degradation kinetics of anthocyanins from sour cherry, pomegranate and strawberry juices by hydrogen peroxide. *Journal of Food Science*, 67 (2) 525–529. p. doi:10.1111/j.1365-2621.2002.tb10631.x
- PALAMIDIS, N. & MARKAKIS, P. (1978): Stability of grape anthocyanin in a carbonated beverage. *Industria delle Bevande*, 7 106–109. p.
- PATRAS, A., BRUNTON, N. P., GORMELY, T. R. & BUTLER, F. (2009): Impact of high pressure processing on antioxidant capacity, ascorbic acid, anthocyanins and instrumental colour of blackberry and strawberry puree. *Innovative Food Science & Emerging Technology*, 10 (3) 308–313. p. doi:10.1016/j.ifset.2008.12.004
- PATRAS, A., BRUNTON, N. P., O'DONELL, C. & TIWARI, B. K. (2010): Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science & Technology*, 21 (1) 3–11. p. doi:10.1016/j.tifs.2009.07.004
- PAZMINO-DURÁN, A. E., GIUSTI, M. M., WROLSTAD, R. E. & GLORIA, B. A. (2001): Anthocyanins from oxalis triangularis as potential food colorants. *Food Chemistry*, 75 (2) 211–216. p. doi:10.1016/S0308-8146(01)00201-1
- PERESZTEGI, T. F. (2002): Amit a bodzáról tudni kell. *Magyar Mezőgazdaság*, 57 (4) 14–15. p.
- PINELI, L. D. D., MORETTI, C. L., DOS SANTOS, M. S., COMPOS, A. B., BRASILEIRO, A. V. & CÓRDOVA, A. C. (2011): Antioxidants and other chemical and physical characteristics of two strawberry cultivars at different ripeness stages. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24 (1) 11–16. p. doi:10.1016/j.jfca.2010.05.004
- PIRIE, A. J. G. & MULLINS, M. G. (1980): Concentration of phenolics in the skin of grape berries during fruit development and ripening. *American Journal of Enology and Viticulture*, 31 (1) 34–36. p.
- POEI-LANGSTON, M. S. & WROLSTAD, R. E. (1981): Color degradation in an ascorbic acid–anthocyanin–flavonol model system. *Journal of Food Science*, 46 (4) 1218–1222. p. doi:10.1111/j.1365-2621.1981.tb03026.x
- POKORNY, L. (2000): Gyógyító füvek, fák. Marosvásárhely: Mentor kiadó. 214. p.
- PORPÁCZY, A. & LÁSZLÓ, M. (1984): Evaluation of Elderberry (*Sambucus nigra* L.) clones based on the quality of the fruit. *Acta Alimentaria*, 13 (2) 109–115. p.
- PORPÁCZY, A. & PORPÁCZY, A.-NÉ (1999): Különleges bogyógyümölcsűek. In: PAPP, J. & PORPÁCZY, A. (szerk.): *Szeder, ribiszke, köszméte, különleges gyümölcsök/Bogyógyümölcsűek II*. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 193–201. p.

- PRIOR, R. L., LAZARUS, S. A., CAO, G., MUCCITELLI, H. & HAMMERSTONE, J. F. (2001): Identification of procyanidins and anthocyanins in blueberries and cranberries (*Vaccinium* spp.) using high-performance liquid chromatography/mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (3) 1270–1276. p. doi:10.1021/jf001211q
- PRISZTER, SZ. (1998): Növényneveink. A magyar és a tudományos növénynevek szótára. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
- REED, J. (2002): Cranberry flavonoids, atherosclerosis and cardiovascular health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42 (3) 301–316. p. doi:10.1080/10408390209351919
- REIN, M. (2005): Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins. Akadémiai disszertáció. University of Helsinki. 10–14. p.
- REISING, K. (1990): Successful dejuicing enzymes. *Flüssiges Obst*, 57 (8) 495–499. p.
- REMY-TANNEAU, S., LE GUERNEVEA, C., MEUDEC, E. & CHEYNIER, V. (2003): Characterization of a colorless anthocyanin-flavan-3-ol dimer containing both carbon–carbon and ether interflavanoid linkages by NMR and Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (12) 3592–3597. p. doi:10.1021/jf021227b
- RHIM, J. W. (2002): Kinetics of thermal degradation of anthocyanin pigment solution driven from red flower cabbage. *Food Science and Biotechnology*, 11 361–364. p.
- RICE-EVANS, C. A., MILLER, J. A. & PAGANGA, G. (1996): Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology & Medicine*, 20 (7) 933–956. p. doi:10.1016/0891-5849(95)02227-9
- RODLER, I. (Szerk.) (2006): Új Tápanyagtáblázat. Budapest: Medicina Könyvkiadó Zrt, 499–516. p.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. (2015): Food Carotenoids: Chemistry, Biology and Technology. Oxford: IFT Press – Wiley Blackwell. 22. p.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. (2016): Natural food pigments and colorants. *Current Opinion in Food Science*, 7 20–26. p. doi:10.1016/j.cofs.2015.08.004
- ROSS, J. A. & KASUM, C. M. (2002): Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety. *Annual Reviews in Nutrition*, 22 19–34 p. doi:10.1146/annurev.nutr.22.111401.144957
- SADILOVA, E., STINTZING, F. C. & CARLE, R. (2006): Thermal Degradation of Acylated and Nonacylated Anthocyanins. *Journal of Food Science*, 71 (8) 504–512. p. doi:10.1111/j.1750-3841.2006.00148.x
- SÁENZ-LÓPEZ, R., FERNÁNDEZ-ZURBANO, P. & TENA, M. T. (2003): Development and validation of a capillary zone electrophoresis method for the quantitative determination of anthocyanins in wine. *Journal of Chromatography A*, 990 (1–2) 247–258. p. doi:10.1016/S0021-9673(02)02006-X

- SCOTTER, M. J. (2011): Methods for the determination of European Union-permitted added natural colours in foods: a review. *Food Additives and Contaminants. Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 28 (5) 527–596. p. doi:10.1080/19440049.2011.555844
- SHARMA, R. (2001): Impact of Solar Uv-B on tropical ecosystems and agriculture. Case study: effect of UV-B on rice, Proceedings of SEAWIT98 and SEAWPIT2000, 92–101. p.
- SELMA, M. V., ESPIN, J. C. & TOMAS-BARBERAN, F. A. (2009): Interaction between phenolics and gut microbiota: role in human health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (15) 6485–6501. p. doi:10.1021/jf902107d
- SERRANO, M., GUILLEN, F., MARTÍNEZ-ROMERO, D., CASTILLO, S. & VALERO, D. (2005): Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (7) 2741–2745. p. doi:10.1021/jf0479160
- SHIM, S. M., SEO, S. H., LEE, Y., MOON, G. I., KIM, M. S., PARK, J. H. (2011): Consumers' knowledge and safety perceptions of food additives: Evaluation on the effectiveness of transmitting information on preservatives. *Food Control*, 22 (7) 1054–1060. p. doi:10.1016/j.foodcont.2011.01.001
- SINGLETON, V. L., ROSSI, J. A. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid „reagents”. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16 (3) 144–158. p.
- SIPOS, B. Z. (2010): A fekete bodza termesztése. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 14–65. p.
- SOHÁR, P.-NÉ (1999): Az új élelmiszer-adalékanyag előírások a tartósítóipar szemszögéből. *Konzervújság*, 47 (4) 89–94. p.
- SOHÁR, P.-NÉ (2003): Kémiai, toxikológiai veszélyek 273–282. p. In: RODLER, I.: *Élelmiszerbiztonság és táplálkozás egészségügy*. Fodor József Országos Közegészségügyi Központ Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézete, Budapest.
- SOHÁR, P.-NÉ (2005): Az élelmiszer adalékanyagok alkalmazásának előnyei és kockázatai. *Gyógyszerészet*, 49 (12) 745–750. p.
- SOLTAN, S. S. A. & SHEHATA, M. M. E. M. (2012): The effects of using color foods of children on immunity properties and liver, kidney on rats. *Food and Nutrition Sciences*, 3 (7) 897–904. p. doi:10.4236/fns.2012.37119
- SOUCI, S. W., FACHMANN, W. & KRAUT, H. (2008): Die Zusammensetzung der Lebensmittel Nährwert-Tabellen. Stuttgart: MedPharm Scientific Publishers, 1090–1091. p.
- STARR, M. S. & FRANCIS, F. J. (1968): Oxygen and ascorbic acid effect on the relative stability of four anthocyanin pigments in cranberry juice. *Food Technology*, 22 (10) 91–93. p.

- STARR, M. S. & FRANCIS, F. J. (1973): Effect of metallic ions on color and pigment content of cranberry juice cocktail. *Journal of Food Science*, 38 (6) 1043–1046. p. doi:10.1111/j.1365-2621.1973.tb02144.x
- STEWART, R. N., ASEN, S. MASSIE, D. R. & NORRIS, K. H. (1979): The Identification of Poinsettia Cultivars by HPLC Analysis of their Anthocyanin Content. *Biochemical Systematics and Ecology*, 7 (4) 281–287. p. doi:10.1016/0305-1978(79)90005-X
- STÉGER-MÁTÉ, M., HORVÁTH, D.-NÉ & BARTA, J. (2006): Investigation of colourant content and stability in elderberry (*Sambucus nigra* L.). *Acta Alimentaria*, 35 (1) 117–126. p. doi:10.1556/AAlim.35.2006.1.130139-3006/\$
- STÉGERNÉ, M. M. (2010): A fekete bodza feldolgozása. In: SIPOS, Z. B. (szerk): *A fekete bodza termesztése*. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 82–86. p.
- STINTZING, F.C., STINTZING, A. S., CARLE, R. & WROLSTAD, R. E. (2002): A novel zwitterionic anthocyanin from evergreen blackberry (*Rubus laciniatus* Willd.). *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 50 (2) 396–399. p. doi:10.1021/jf011127q
- STINTZING, F. C. & CARLE, R. (2004): Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. *Trends in Food Science and Technology*, 15 (1) 19–38. p. doi:10.1016/j.tifs.2003.07.004
- SUI, X., DONG, X. & ZHOU, W. (2014): Combined effect of pH and high temperature on the stability and antioxidant capacity of two anthocyanins in aqueous solution. *Food Chemistry* 163 163–170. p. doi:10.1016/j.foodchem.2014.04.075
- SUZME, S., BOYACIOGLU, D., TOYDEMIR, G. & CAPANOGLU, E. (2014): Effect of industrial juice concentrate processing on phenolic profile and antioxidant capacity of black carrots. *International Journal of Food Science & Technology*, 49 (3) 819–829. p. doi:10.1111/ijfs.12370
- SZALÓKI-DORKÓ, L., VÉGVÁRI, GY., LADÁNYI, M., FICZEK, G. & STÉGER-MÁTÉ, M. (2015a): Degradation of Anthocyanin Content in Sour Cherry Juice During Heat Treatment. *Food Technology and Biotechnology*, 53 (3) 354–360. p. doi:10.17113/ft b.53.03.15.3931
- SZALÓKI-DORKÓ, L., STÉGER-MÁTÉ, M., ABRANKÓ, L. (2015b): Evaluation of colouring ability of main European elderberry (*Sambucus nigra* L.) varieties as potential resources of natural food colourants. *International Journal of Food Science & Technology*, 50 (6) 1317–1323. p. doi:10.1111/ijfs.12773
- SZALÓKI-DORKÓ, L., STÉGER-MÁTÉ, M. & ABRANKÓ, L. (2016): Effects of fruit juice concentrate production on individual anthocyanin species in elderberry. *International Journal of Food Science & Technology*, 51 (3) 641–648. p. doi:10.1111/ijfs.13031

- SZÜCS, V. (2014): Az élelmiszeripari adalékanyagok fogyasztói kockázat-észlelése. Doktori értekezés. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem, 63–64. p.
- TAKEOKA, G. & DAO, L. (2008): Anthocyanins. In: HURST, W. J. (szerk): *Methods of Analysis for Functional Foods and Nutraceuticals*. Boca Raton: CRC Press. 247. p.
- TREUTTER, D. (2001): Biosynthesis of phenolic compounds and its regulation in apple. *Plant Growth Regulation*, 34 (1) 71–89. p. doi:10.1023/A:1013378702940
- TURFAN, Ö., TÜRKYILMAZ, M., YEMIS, O. & ÖZKAN, M. (2011): Anthocyanin and colour changes during processing of pomegranate (*Punicagranatum* L., cv. Hicaznar) juice from sacs and whole fruit. *Food Chemistry*, 129 (4) 1644–1651. p. doi:10.1016/j.foodchem.2011.06.024
- TÜRKYILMAZ, M., YEMIS, O. & ÖZKAN, M. (2010): Stability of black carrot anthocyanins during processing and storage. 6th International Congress on Pigments in Food, 20-24 June, 2010, Budapest Hungary, 56–59. p.
- VALLS, J., MILLÁN, S., MARTÍ, M. P., BORRÁS, E. & AROLA, L. (2009): Advanced separation methods of food anthocyanins, isoflavones and flavanols (review). *Journal of Chromatography A*, 1216 (43) 7143–7172. p. doi:10.1016/j.chroma.2009.07.030
- VÁRSZEGI, T. (2002): Kifagyasztásos besűrítés. In: BEKE, GY. (szerk): *Hűtőipari kézikönyv*. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 404–406. p.
- VEBERIC, R., JAKOPIC, J., STAMPAR, F. & SCHMITZER, V. (2009): European elderberry (*Sambucus nigra* L.) rich in sugars, organic acids, anthocyanins and selected polyphenols. *Food Chemistry*, 114 (2) 511–515. p. doi:10.1016/j.foodchem.2008.09.080
- VERBEYST, L., OEY, I., VAN DER PLANCKEN, I., HENDRICKX, M. & VAN LOEY, A. (2010): Kinetic study on the thermal and pressure degradation of anthocyanins in strawberries. *Food Chemistry*, 123 (2) 269–274. p. doi:10.1016/j.foodchem.2010.04.027
- VERESEGYHÁZY, A. (2001): Színek harmóniája, avagy életet viszünk termékeinkbe. *Konzervújság*, 3 84. p.
- VERSARI, A., BARBANTI, D., BIESENBRUCH, S. & FARNELL, P. J. (1997): Analysis of anthocyanins in red fruits by use of HPLC/spectral array detection. *Italian Journal of Food Science*, 9 (2) 141–148. p.
- VIDAL, S., MEUDEC, E., CHEYNIER, V., SKOUROUMOUNIS, G. & HAYASAKA, Y. (2004): Mass Spectrometric evidence for the existence of oligomeric anthocyanins in grape skins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (23) 7144–7151. p. doi:10.1021/jf048939h
- VOJDANI, A. & VOJDANI, C. (2015): Immune reactivity to food coloring. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 21 (Suppl. 1) 52–62. p.

- WALDRON, K. W., PARKER, M. L., SMITH, A. C. (2003): Plant cell walls and food quality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2 (4) 101–119. p. doi:10.1111/j.1541-4337.2003.tb00019.x
- WALFORD, J. (1980): Historical Development of Food Colouration. In: *Developments in Food Colours*, London: Applied Science publishers. 1–26. p.
- WANG, H., CAO, G. & PRIOR, R. L. (1996): Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44 (3) 701–705. p. doi:10.1021/jf000766i
- WANG, S. Y. & JIAO, H. (2000): Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and singlet oxygen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (11) 5677–5684. p. doi:10.1021/jf000766i
- WANG, H., CAO, G. & PRIOR, R. L. (1997): Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45 (2) 304–309. p. doi:10.1021/jf960421t
- WROLSTAD, R. E., SKREDE, G., LEA, P. & ENERSEN, G. (1990): Influence of sugar on anthocyanin pigment stability in frozen strawberries. *Journal of Food Science*, 55 (4) 1064–1065., 1072. p. doi:10.1111/j.1365-2621.1990.tb01598.x
- WROLSTAD, R. E. (2000): Anthocyanins. In: FRANCIS, F. J. & LAURO, G. J. (szerk.): *Natural Food Colorants*. New York: Marcel Dekker. 237–252 p.
- WROLSTAD, R. E., DURST, R. W. & LEE, J. (2005): Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. *Trends in Food Science and Technology*, 16 (9) 423–428. p. doi:10.1016/j.tifs.2005.03.019
- WROLSTAD, R. E. & CULVER, C. A. (2012): Alternatives to Those Artificial FD&C Food Colorants. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3 (1) 59–77. p. doi:10.1146/annurevfood-022811-101118
- WU, X. & PRIOR, R. L. (2005): Identification and characterization of anthocyanins by High-performance liquid chromatography–electrospray ionization–tandem mass spectrometry in common foods in the United States: Vegetables, nuts, and grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (8) 3101–3113. p. doi:10.1021/jf0478861
- WUERTH, K., BONERZ, D., WILL, F., PATZ, C. D., QUASTR, P., HILLEBRAND, S., WINTERHALTER, P. & DIETRICH, H. (2009): Changes in anthocyanins of blackcurrant juices and concentrates. Part 1. Kinetics of decreases of anthocyanins during storage, *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 105 176–181. p.

Testületi szerzős hivatkozások

Az Európai Parlament és a Tanács 1333/2008/EK rendelete az élelmiszer-adalékanyagokról (2008):

Az Európai Unió Hivatalos Lapja. L354, 16–33. p.

Az Európai Parlament és a Tanács 232/2012/EK rendelete a az 1333/2008/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet II. mellékletének a Quinoline Yellow (E 104), a Sunset Yellow FCF/Orange Yellow S (E 110) és a Ponceau 4R, Cochineal Red A (E 124) felhasználási feltételei és felhasználási mennyiségei tekintetében történő módosításáról (2012): *Az Európai Unió Hivatalos Lapja*. L78, 1–12 p.

BOTÉSZ (2016): A Bodzatermelők Értékesítő Szövetkezetének hivatalos honlapja: http://www.botesz.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=13&Itemid=41&lang=hu (2016.02.25.)

EFSA PANEL ON FOOD ADDITIVES AND NUTRIENT SOURCES ADDED TO FOOD (2008):

Scientific opinion of the panel on food additives, flavourings, processing aids and food contact materials (AFC) on request from the Commissions on the results of the study by MCCANN et al., (2007) on the effect of some colours and sodium benzoate on children's behaviour. *EFSA Journal*, 660 1–54. p.

FRUITVEB (2014): A zöldség és gyümölcságazat helyzete Magyarországon. Budapest: 27–30. p.

USDA Agricultural Research Service National Nutrient Database for Standard Reference Release28. (2014):

<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2200?fgcd=&manu=&lfacet=&format=&count=&max=35&offset=&sort=&qlookup=elderberry> (2015.12.07.)

Szabvány:

MSZ ISO 750:2001: Gyümölcs- és zöldségtermékek. A titrálható savtartalom meghatározása.

M2. Az 1333/2008 EK rendeletben engedélyezett élelmiszer-színezékek listája

E-szám	Név
E 100	Kurkumin
E 101	Riboflavin
E 102	Tartrazin
E 104	Kinolinsárga
E 110	Sunset Yellow FCF/Narancssárga S
E 120	Kosnil, kárminsav, kárminok
E 122	Azorubin, karmazsin
E 123	Amarant
E 124	Ponceau 4R, Kosnilvörös A
E 127	Eritrozin
E 129	Alluravörös AC
E 131	Patentkék V
E 132	Indigotin, indigókármin
E 133	Brillantkék FCF
E 140	Klorofilok és klorofilinek
E 141	Klorofilok és klorofilinek rézkomplexei
E 142	Zöld S
E 150a	Karamell
E 150b	Szulfitos karamell
E 150c	Ammóniás karamell
E 150d	Szulfitos-ammóniás karamell
E 151	Brillantfekete PN
E 153	Növényi szén
E 155	Barna HT
E 160a	Karotinok
E 160b	Annatto, bixin, norbixin
E 160c	Paprikakivonat, kapszantin, kapszorubin
E 160d	Likopin
E 160e	béta-apo-8'-Karotinal (C30)
E 161b	Lutein
E 161g	Kantaxantin
E 162	Céklavörös, betanin
E 163	Antociánok
E 170	Kalcium-karbonát
E 171	Titán-dioxid
E 172	Vas-oxidok és vas-hidroxidok
E 173	Alumínium
E 174	Ezüst
E 175	Arany
E 180	Litolrubin BK

M3. Színezetlen szárocás joghurtkészítmények szinkordinátái a tárolási kísérlet során

	L*		a*		b*	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
1. hét	71,29		3,39		5,26	
	70,53	71,17	3,32	3,36	5,17	5,25
	71,68	0,58	3,37	0,04	5,31	0,07
2. hét	73,46		3,26		5,56	
	73,23	73,39	3,36	3,29	5,71	5,61
	73,48	0,14	3,25	0,06	5,56	0,09
3. hét	70,49		2,74		5,41	
	72,18	71,64	2,81	2,77	5,61	5,56
	72,25	1,00	2,77	0,04	5,65	0,13
4. hét	73,23		2,59		5,76	
	73,45	73,31	2,39	2,46	5,72	5,76
	73,26	0,12	2,40	0,11	5,79	0,04
5. hét	72,53		2,30		5,28	
	72,09	72,25	2,29	2,29	5,24	5,23
	72,14	0,24	2,29	0,01	5,18	0,05
6. hét	74,10		2,26		5,60	
	72,91	73,24	2,27	2,28	5,67	5,61
	72,72	0,75	2,30	0,02	5,57	0,05

M4. Kárminnal színezett szamócsás joghurtkészítmények színkoordinátái a tárolási kísérlet során

	L*			a*			b*		
	átlag	szórás		átlag	szórás		átlag	szórás	
1. hét	70,08			6,19			4,10		
	69,08	69,38	0,61	6,13	6,15	0,03	4,00	4,03	0,06
	68,98			6,14			3,98		
2. hét	71,19			6,24			4,22		
	71,28	71,26	0,06	6,27	6,21	0,08	4,28	4,23	0,05
	71,31			6,12			4,19		
3. hét	70,18			5,63			4,33		
	69,94	70,05667	0,12	5,63	5,64	0,02	4,3	4,33	0,04
	70,05			5,67			4,37		
4. hét	70,62			5,71			4,34		
	71,24	70,33	1,08	5,40	5,47	0,21	4,40	4,41	0,08
	69,14			5,30			4,50		
5. hét	70,20			5,47			4,09		
	70,21	70,06	0,26	5,53	5,49	0,03	4,08	4,08	0,01
	69,76			5,47			4,08		
6. hét	71,18			5,42			4,41		
	70,82	70,99	0,18	5,43	5,45	0,05	4,36	4,38	0,03
	70,98			5,51			4,37		

M5. Haschberg sűrítménnyel színezett szamócsás joghurtkészítmények színparaméterei a tárolás során

	L*			a*			b*		
	átlag	szórás		átlag	szórás		átlag	szórás	
1. hét	68,21			5,68			4,00		
	68,71	68,18	0,54	5,45	5,51	0,15	3,68	3,81	0,17
	67,63			5,39			3,75		
2. hét	71,19			5,44			4,57		
	70,29	71,00	0,64	5,38	5,39	0,05	4,50	4,52	0,04
	71,52			5,34			4,50		
3. hét	70,08			4,84			4,72		
	69,65	69,58	0,53	4,61	4,70	0,12	4,53	4,60	0,10
	69,02			4,65			4,55		
4. hét	70,36			4,58			4,80		
	70,17	70,58	0,56	4,62	4,60	0,02	4,80	4,80	0,01
	71,22			4,60			4,81		
5. hét	70,14			4,26			4,39		
	70,16	70,25	0,17	4,22	4,26	0,04	4,29	4,35	0,06
	70,44			4,30			4,38		
6. hét	71,18			4,13			4,85		
	70,82	70,99	0,18	4,04	4,11	0,06	4,85	4,84	0,02
	70,98			4,16			4,81		

M6. Samocco sűrítménnyel színezett szamócás joghurtkészítmények színparaméterei a tárolás során

	L*			a*			b*		
	átlag	szórás		átlag	szórás		átlag	szórás	
1. hét	68,44			5,73			4,00		
	68,68	68,49	0,17	5,78	5,77	0,03	4,04	4,01	0,03
	68,36			5,79			3,99		
2. hét	70,97			5,48			4,38		
	71,05	70,92	0,17	5,43	5,45	0,03	4,26	4,34	0,07
	70,73			5,44			4,38		
3. hét	69,63			4,85			4,47		
	68,46	69,02	0,59	4,82	4,86	0,05	4,35	4,43	0,07
	68,98			4,92			4,46		
4. hét	69,71			4,81			4,46		
	70,38	70,27	0,51	4,76	4,77	0,03	4,52	4,51	0,05
	70,71			4,75			4,56		
5. hét	70,3			4,52			4,24		
	70,16	70,17	0,13	4,58	4,56	0,04	4,22	4,19	0,06
	70,05			4,59			4,12		
6. hét	70,92			4,3			4,64		
	70,51	70,80	0,25	4,29	4,24	0,09	4,54	4,71	0,21
	70,96			4,14			4,95		

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom témavezetőimnek, **Dr. Abrankó Lászlónak** és **Stégerné Dr. Máté Mónikának** szakmai támogatásukért, útmutatásukért, valamint a kutatásomhoz szükséges feltételek biztosításáért. Széleskörű szakmai tudásukkal hozzájárultak kutatói szemléletem megalapozásához.

Köszönöm szépen a Konzervtechnológiai Tanszék korábbi vezetőjének **Dr. Barta Józsefnek**, valamint az Alkalmazott Kémia Tanszék korábbi és jelenlegi vezetőjének, **Dr. Fodor Péternek** és **Stefanovitsné Dr. Bányai Évának**, hogy lehetőséget biztosítottak méréseim elvégzéséhez.

Köszönettel tartozom a **Bodzatermesztők Országos Szövetségének** és a **Sole-Mizo Zrt.-nek**, hogy biztosították a kutatómunkámhoz szükséges fekete bodza fajtákat és joghurtkészítményeket.

Köszönet illeti a **Konzervtechnológiai Tanszék** és az **Alkalmazott Kémia Tanszék** dolgozóit, akik segítették munkámat.

Köszönettel tartozom **Dr. Ladányi Mártának** a statisztikai útmutatásokért.

Köszönöm szépen **Dr. Cserhalmi Zsuzsannának**, hogy megosztotta velem a dolgozatommal kapcsolatos szakmai észrevételeit.

Hálával tartozom **Szüleimnek** és **Nagymamámnak**, hogy az évek során támogattak és mindvégig mellettem álltak. Köszönöm Ikertestvérem, **Dorkó Zsanett** lelki támogatását, valamint, hogy vegyészmérnöki szemléletével számos alkalommal segítette kutatásomat.

Végül, de nem utolsó sorban, köszönettel tartozom Férjemnek, **Dr. Szalóki Dánielnek**, aki munkám során mindvégig támogatott, megértést és türelmet tanusítva felém.