



Élelmiszertudományi Kar

Hűtő- és Állatitermék Technológiai Tanszék

NAGY HIDROSZTATIKUS NYOMÁSSAL KEZELT SZAMÓCALÉ ANTOCIANIN TARTALOM VÁLTOZÁSÁNAK VIZSGÁLATA

TDK Dolgozat

SALAMON BERTOLD

MSc 3. félév



Témavezető: Dalmadi István, egy. adjunktus

TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005

TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0023

**Budapest
2012**

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK	1
1 BEVEZETÉS.....	2
2 IRODALMI ÁTTEKINTÉS	4
2.1 A GYÜMÖLCSFOGYASZTÁS JELENTŐSÉGE ÉS ALAKULÁSA AZ UTÓBBI ÉVEKBEN.....	4
2.1.1 A szamóca táplálkozási értéke és kémiai összetétele.....	5
2.1.2 Új fogyasztói elvárások az élelmiszerekkel szemben.....	7
2.1.3 A növényi színanyagok.....	7
2.1.4 Az aszkorbinsav jelenléte és hatása az antocianinokra	9
2.1.5 Cukrok hatása a szamóca antocianin tartalmára	10
2.2 A NAGY HIDROSZTATIKUS NYOMÁSKEZELÉS.....	10
2.2.1 A nagy hidrosztatikus nyomás alkalmazása az élelmiszeriparban.....	10
2.2.2 A HHP hatása a gyümölcsszínváltozásra	12
2.2.3 A HHP kezelés előnyei és hátrányai	13
2.3 A SZAKIRODALOM EREDMÉNYEINEK ÉRTÉKELÉSE, CÉLKITŰZÉSEK	15
3 ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK.....	16
3.1 GYÜMÖLCS-ALAPANYAGOK ÉS MINTA-ELŐKÉSZÍTÉS	16
3.2 A SZAMÓCALEVEK CUKORRAL ÉS ASZKORBINSAVVAL TÖRTÉNŐ KIEGÉSZÍTÉSE.....	16
3.3 A SZAMÓCALEVEK HHP KEZELÉSE	17
3.4 GYÜMÖLCSPÜRÉK TÁROLÁSA	19
3.5 ANTOCIANIN TARTALOM MEGHATÁROZÁSA	19
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	20
4.1 ANTOCIANIN-TARTALOM VÁLTOZÁSA A KEZELÉS HATÁSÁRA.....	21
4.2 ANTOCIANIN-TARTALOM VÁLTOZÁSA A TÁROLÁS HATÁSÁRA	24
4.3 ANTOCIANIN-TARTALOM VÁLTOZÁS ÉRTÉKELÉSE A 2N TÍPUSÚ TELJES FAKTORIÁLIS KÍSÉRLETTERV ALAPJÁN.....	27
5. KÖVETKEZTETÉSEK.....	33
6. ÖSSZEFOGLALÁS	35
IRODALOMJEGYZÉK.....	37
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	43

1 Bevezetés

Egyre inkább ismertté válik, hogy egészségesen táplálkozva számos, sokszor súlyos kimenetelű betegségtől óvhatjuk meg magunkat. A rohanó életvitelünkből fakadóan az emberi szervezet sokkal kitettebb a különféle stresszhatásoknak, melyek hosszabb idő elteltével súlyos kardiovaszkuláris bajokhoz, metabolikus szindrómához vagy rákhoz vezethetnek. Az utóbbi évtizedek kutatási eredményei azt bizonyítják, hogy az egészséges táplálkozással, nagy mennyiségű zöldség és gyümölcsfogyasztással csökkenthetjük ezen megbetegedések kialakulásának az esélyét, és megőrizhetjük szervezetünk egészségét ([Taruscio et al., 2004](#)).

A vitaminok és másfajta egészségvédő hatással rendelkező bioaktív komponensek hatásmechanizmusai kezdenek ismertté válni és tisztázódni. A fiziológiai szükségletnek megfelelő vitamin és antioxidáns bevitelt elérhetjük a helyes táplálkozással, de széles választékban találkozhatunk a jótékony hatású vegyületek mesterségesen előállított formáival is, mely komoly üzleti lehetőséget jelent a gyógyszeriparnak és a táplálék-kiegészítőket előállítók számára. Azonban kutatási eredmények alátámasztják, hogy a szintetikus antioxidánsok a fiziológiai szükségletet jelentős mértékben túllépő fogyasztása kedvezőtlen lehet, mivel ilyen esetben maguk is prooxidánsokká válhatnak, és károsíthatják az emberi szervezet biomolekuláit. Az is megjegyzendő, hogy az antioxidánsok együttesen vannak jelen növényi táplálékainkban és az eredeti mátrixukból származó vegyületek képesek hatékonyabban működni, mivel azok egymás hatását segítik. Ezért van óriási szerepe annak, hogy természetes forrásból tudatosan, változatosan összeállított étrenddel vigyük be szervezetünkbe ezeket a jótékony hatású anyagokat. Így inkább javasolható a természetes antioxidánsok fogyasztása a szintetikus szerekkel szemben. A gyümölcsök jelentős mennyiségeket rejtenek magukban e bioaktív vegyületekből, ezen belül is a bogyósgyümölcsök rendelkeznek igen jelentős természetes antioxidáns tartalommal.

A szamóca a világ legelterjedtebb bogyósgyümölcse. Részaránya az összes bogyósgyümölcsből eléri a 60-65%-ot ([Papp & Porpáczy, 1999](#)). Nagy mennyiségben tartalmaz C-vitamint és jelentős mennyiségű ásványi tápelemet, főleg kalciumot, káliumot, foszfort, magnéziumot és vasat. Emellett jelentős az antocianinok, flavonoidok és fenolos karbonsavak mennyisége is. Az alacsony energia-, magas szerves sav- és rostanyag tartalommal rendelkező szamóca étrendi hatása kiváló és korszerű táplálkozási igényeinknek messzemenően megfelel. Legnagyobb mennyiségben friss állapotban kerül értékesítésre, azonban növekszik a különböző szamócakészítmények választéka is. A fogyasztói elvárások a fejlett országokban az elmúlt évtizedben a tartósítószer nélküli, kíméletesen feldolgozott gyümölcsök és zöldségek felé irányulnak. Ezt az igényt megcélózva egyre nagyobb

teret nyernek a kíméletes tartósítási technológiák, melynek során nem használnak mesterséges anyagokat, minimálisan hatnak az élelmiszerek komplex tulajdonságaira, illetve a tápanyag- és vitamin ellátottságra. Ide tartozik a nagy hidrosztatikus nyomású kezelés is. Ellentétben a hagyományos hőkezeléssel, ahol nemkívánatos változások kísérik a feldolgozást, a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés jobban megőrizheti a szín- és aromaanyagokat, valamint a vitaminokat. Fontos, hogy az érzékszervi tulajdonságokat nem befolyásolja jelentős mértékben. A technológia még sok kutatást igényel, hogy biztonságos legyen az élelmiszer-előállítás, és még keveset tanulmányozott terület a kezelést követő tárolási időszak körülményeinek termékminőségre gyakorolt hatása is. Ezért dolgozatom elkészítése során célul tűztem ki, hogy tanulmányozom a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés hatását a szármalé antocianin tartalmának megőrzésében, a kezelés és a tárolás folyamán is egyaránt.

2 Irodalmi áttekintés

2.1 A gyümölcsfogyasztás jelentősége és alakulása az utóbbi években

A krónikus megbetegedések, mint az érelmeszesedés és a szívkoszorúér-betegségek tipikusan modern korunk kísérői, az utóbbi évszázadban a fejlett országokban a koszorúér-betegségekben meghaltak aránya folyamatosan emelkedett. A nyolcvanas évekre ez az arány már a 30 %-ot is elérte, és ezzel ma a daganatos megbetegedések mellett a vezető halálokok közé tartozik. Ezek után érthető, hogy ez a drámai növekedés kiterjedt kutatásokat indított meg. Mára már bizonyított, hogy az antioxidáns összetevők csökkentik annak a kockázatát, hogy az immunrendszer gyengüljön és a fentebb említett krónikus megbetegedések kialakuljanak ([Kaur & Kapoor, 2001](#)). Számos tanulmány mutatott ki kapcsolatot a gyümölcsfogyasztás és a ritkábban előforduló szívproblémák, az arthritisz és az öregedés között ([Blumberg, 2003](#)). Emellett a megfigyelések is azt igazolták, hogy a jelentős gyümölcs és zöldségfogyasztó társadalmakban kisebb az előfordulása ezeknek a betegségeknek ([Hannum, 2004](#); [Zhang et al., 2005](#)). Európában tipikusan ilyen a mediterrán diéta, ahol a sok zöldség- és halfogyasztás mellé kevés megbetegedés társul. A WHO adatai szerint a magyar nők születéskor várható élettartama mintegy 5 évvel alacsonyabb, mint a fejlettebb nyugat-európai országokban élőké, a férfiak esetében ez az adat pedig 7,5 évvel alacsonyabb. A jelentés továbbá megjegyzi, hogy a magyarok életük 10,6 %-át töltik betegségben (WHO 2006). A gyümölcsfogyasztás magasabb mértéke elengedhetetlen lenne a lakosság egészségi állapotának emelésében és a szív és érrendszeri megbetegedések megelőzésében is, ami járulékos hatásként gazdasági előnyökkel járna. A világ gyümölcs termelése és gyümölcsfogyasztása a 60-as évek óta fokozatosan emelkedett, s a növekedés az utóbbi 15 évben még gyorsult is. A világátlag 61kg/fő/év. Bár a fejlődő országok gyümölcsfogyasztása elmarad a fejlett országokétól, mindössze csak 64% át fogyasztják annak a mennyiségnek, amit egy átlagos, fejlett országban élő fogyaszt ([Kürti & Kállay, 2007](#)), ami elsősorban a jövedelem-különbségekkel magyarázható, de a termelési és fogyasztási tendencia ezekben az országokban is növekszik. Ezek a tendenciák igazak Magyarországra is, mely a közepesen fejlett országok közé tartozik. Emellett ami legfőképp befolyásolja a gyümölcsfogyasztás növekedését az, hogy egyre inkább kitolódnak az egyes gyümölcsfajták elő- és utószezonjai, és sok gyümölcsből egész éven átnyúló a kínálat.

Így elmondható, hogy nagy piaci potenciált rejt magában a fogyasztók gyümölcsvásárlási szokásainak fejlesztése. A fogyasztói trendeknek megfelelően és az életmód változásával a friss gyümölcsök irányából egyre inkább a feldolgozott gyümölcsök irányába fog eltolódni a fogyasztás.

2.1.1 A szamóca táplálkozási értéke és kémiai összetétele

A bogyós gyümölcsűek (szamóca, málna, áfonya, bodza, szeder, csipkebogyó, köszméte stb.) kiváló beltartalmi értékekkel rendelkeznek és rendkívül sokoldalúan használhatók fel. E gyümölcsök olyan összetételben tartalmazzák a szénhidrátokat, szerves savakat, a vitaminokat és az ásványi tápelemeket, amelyek a szervezet számára ideálisak.

Színanyagaik általában antocianinok, flavonoidok, karotinoidok, melyek antioxidáns szereppel rendelkeznek és hatékonyan vesznek részt az egészségkárosító szabadgyökök semlegesítésében ([Dalmadi, 2009](#)). A szamóca nagy antioxidáns kapacitást mutat, mely pozitívan korrelál a fenol tartalommal és specifikusan a fenol típusok közül az antocianinok a leginkább számottevőek a szamócában ([Heinonen et al., 1998](#); [Wang & Jiao, 2000](#)).

A bogyós gyümölcsűek fogyasztása anyagcsere-élénkítő hatású, amelynek hatására a szervezet ellenálló képessége nő, emellett szerepük jelentős lehet a szervezet ásványi anyag- és vitaminellátásában. Alacsony energia tartalmuk és biológiailag nagy aktivitású alkotórészeik miatt diétás étrendek fontos összetevői lehetnek. A szamóca gyümölcs szárazanyagtartalma viszonylag alacsony. Átlagosan 88-92% vizet, 6-8% cukrot, 0,8-1,1% szerves savat, 1,2-1,5% cellulózt, 40-80mg aszkorbinsavat (100g termékben), és jelentős mennyiségű ásványi tápelemet tartalmaz (**1. táblázat**). Fogyasztása táplálkozás-élettani szempontból rendkívül előnyös, mert serkenti a gyomor- és a bélműködést, valamint a belső elválasztású mirigyek tevékenységét. Hozzájárul az emberi szervezet ellenálló képességét meghatározó immunanyagok képződéséhez.

A szamóca a legízletesebb gyümölcsök közé tartozik, azonban rendkívül rövid a szedés utáni eltarthatósági ideje. Az elsőként megjelenő szamóca tölti be a nyári gyümölcsök iránt hónapok óta fennálló hiányt. Ez az unicum jelleg az egyik oka a szamóca kedveltségének. A népszerűség másik vélelmezhető magyarázata az indirekt reklám. A gyümölcsök a reklámokban mindig csak egy-egy termék, szolgáltatás kísérőjeként jelennek meg ([Babicz, 2002](#)). A gyümölcsjoghurtok, jégkrémek, egyéb tej- és édesipari készítmények gyártóinak jóvoltából a szamóca nagyon sok hirdetésben szerepel.

1. táblázat A szamóca fontosabb összetevői 100g friss gyümölcsben (Forrás: [Fineli®-Finnish Food Composition Database](#))

Ásványi anyagok		Vitaminok	
Nátrium	0, 7 mg	A vitamin	0, 9 µg
Konyhasó	1, 8 mg	D vitamin	0 µg
Kálium	190,0 mg	E vitamin	0, 6mg
Magnézium	15, 0 mg	K vitamin	5, 5 µg
Kalcium	21, 0 mg	C-vitamin	60mg
Foszfor	30, 0 mg	B9 vitamin	35, 6 µg
Vas (összes)	0, 5 mg	B3 vitamin	0, 5mg
Cink	0, 1 mg	B2 vitamin	0, 07mg
Jodid (jodin)	1, 0 µg	B1 vitamin	0, 03mg
Szelén (összes)	0, 1 µg	B12 vitamin	0 µg
		Karotinoidok (összes)	44, 5 µg



1. ábra A szamóca külső és belső megjelenése (forrás:

<http://happybabyclubs.com>)

Bár Magyarországon a 80-as évek óta csökkenő tendencia mutatkozik a szamócatermelésben, világszerte a szamócatermesztés növekvő mennyiségeket mutat, a szőlő mögött a második helyen szerepel.

A szamóca nagyon közkedvelt a fogyasztók körében attraktív megjelenésével (**1.ábra**), azonban nagyon érzékeny is a szín, állomány és íz szempontjából a degradációra a feldolgozás, szállítás, tárolás során. A a gyümölcslevek és pürék tartósításához alkalmazott

termikus feldolgozási technológiák az enzimek és mikroorganizmusok inaktíválására általában 70-121°C-os 30-120 mp-es kombinációt használnak ([Cao et al., 2011](#); [Zhou et al. 2009](#)), és ez az érzékeny komponensek hőérzékenységeinek köszönhetően komolyan befolyásolja a szamócalevek minőségét, előidézve a természetes összetevők csökkenését, és a szín-, íz-, és textúra-változását ([Zabetakis et al., 2000a](#); [Patras et al., 2009](#)).

Az újfajta tartósítási technológiák alkalmazása ezen a területen számos sikert eredményezhet. A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés egy lehetséges megoldást nyújthat a fentebb említett problémákra, mivel megtartja az eredeti frissességet, aromát, ízt és a színváltozás mértéke minimális ([Dede et al., 2007](#), [Fraeye et al., 2010](#)).

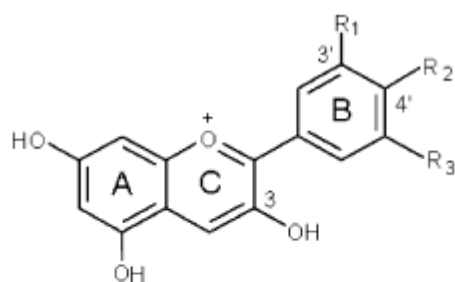
2.1.2 Új fogyasztói elvárások az élelmiszerekkel szemben

A növekvő élelmiszer biztonsági elvárások és az új fogyasztói elvárások megnövekedett figyelmet teremtenek az újfajta nemtermikus tartósítási technikáknak. Ezeknek a technológiáknak is legalább 5 nagyságrendű mikrobapusztulást kell eredményezniük ([Wu et al., 2006](#)). Olyan technológiák tartoznak ide, mint a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés, ohmikus melegítés, pulzáló elektromos térerő, mikrohullámú melegítés, az ionizáló sugárkezelés és ultrahangos kezelés alkalmazása.

A legfőbb elvárás velük szemben az, hogy minél jobban megőrizték a friss gyümölcsre jellemző tulajdonságokat és érzékszervi jellegzetességeket. A kíméletesen kezelt termékek előállításakor ügyelni kell, hogy a termékeket olyan kezelési eljárásoknak vessék alá, amely nem visz be idegen anyagokat, az eltarthatóságot biztonságosan növeli, alig hat az élelmiszer komplex tulajdonságaira, ezen belül leginkább az érzékszervi tulajdonságokra, valamint a tápanyag és vitaminellátottságra ([Koncz et al., 2007](#)).

2.1.3 A növényi színanyagok

A szamóca antocianin összetétele már sokszor szolgált témául kutatásokhoz, de még mindig nem tisztázott teljesen. A leginkább jellemző antocianinok a Pelargonidin (Pg) és a cyanidin (Cy) aglikónok ([Mazza & Miniati, 1993](#)). Az antocianidinek a flavonoid vegyületek csoportjához tartoznak és ezek a vegyületek felelősek a zöldségek, gyümölcsök színének kialakításáért. A flavonoidoknak jelentős szerep tulajdonítható az egészségmegőrzésben és a betegségmegelőzésben, kiváló antioxidánsok, allergiaellenes hatásuk is ismert, valamint C- és E-vitamin analógnak viselkednek. A flavonoidok az élelmiszerek nem tápanyag komponensei, vagyis nem jelentenek tápértéket az emberi szervezet számára. Ezek a polifenolos komponensek a növényi metabolizmus másodlagos termékei, melyek megvédik a növényt a különböző stresszhatásoktól. Közel 8000 flavonoid vegyület ismert. Mint a növényi metabolizmus másodlagos termékeinek, számos funkciót tulajdonítanak a növényvilágban: pigmentálás, az UV-fény, a mikroorganizmusok és egyéb növényi kártevők, gombák, csigák, rovarok elleni védelem (repellens hatás), enzimaktivitások regulációja, szignál funkció a nitrogénköti baktériumok számára. Az élelmiszerként szolgáló növényi anyagokban természetes színezőanyagok, ízkomponensek, antioxidánsok. A növényi színanyagok (kék, ibolya, piros, narancssárga, sárga) nagy része is ehhez a csoporthoz tartozik ([Rice-Evans et al., 1996](#)). Az ezen molekulák által mutatott szint először Pauling magyarázta, aki szerint a flavilium ion rezonancia szerkezete okozta a színük intenzitását ([Wrolstad et al., 2005](#)).



ANTHOCYANIDIN	R ₁	R ₂	R ₃
Pelargonidin (Pg)	H	OH	H
Cyanidin (Cy)	OH	OH	H
Delphinidin (Dp)	OH	OH	OH
Peonidin (Pn)	OMe	OH	H
Petunidin (Pt)	OMe	OH	OH
Malvidin (Mv)	OMe	OH	OMe

2. ábra A leggyakrabban előforduló antocianidinek kémiai szerkezete (Forrás: WU *et al.*, 2006)

élelmiszerben előfordul (**2. ábra**): Pelargonidin, Peonidin, Cianidin, Malvidin, Petunidin és Delphinidin ([Clifford, 2000](#)). Az antocianidinek és glükozidjaik, az antocianinok a bogyós gyümölcsök, bodza, szeder, meggy, szőlő, cseresznye, szilva, padlizsán, vöröskáposzta, retek, cékla és még sok más zöldség ill. gyümölcs színének kialakításában vesznek részt, azonban ezek jelentős mennyiségeket tartalmaznak e pozitív hatású vegyületekből. Az antocianidinek színe nagymértékben függ a környezet pH-jától. pH = 3,5-nél általában vörös színűek, emelkedéssel színtelenné válnak, majd a lúgos tartományban kékek lesznek. Az antocianinok kémiai stabilitásának vizsgálata igen gyakori kutatási téma jelenleg, köszönhetően a számos alkalmazási lehetőségüknek, az egészségmegőrző hatásuknak és a természetes színyanyagként való alkalmazhatóságának ([Rein, 2005](#)).

Az antocianidinek is kiváló szabadgyökfogó kapacitással rendelkeznek, és a lipidperoxidáció gátlásában töltenek be fontos szerepet ([Rice-Evans *et al.*, 1996](#)). Ezek a vegyületek képesek megragadni a szabad gyököket egy fenolos hidrogén atom átadása által ([Chen *et al.*, 1996](#); [Rice-Evans *et al.*, 1996](#)), ez az oka az antikarcinogén aktivitásnak ([Kamei *et al.*, 1995](#)). A bogyós gyümölcsökben az antioxidáns aktivitás egyenesen arányos az antocianin tartalommal ([Heinonen *et al.*, 1998](#)).

Az antocianinok sajnos igen érzékeny molekulák, stabilitásukat számos faktor befolyásolja úgymint: pH, hőmérséklet, kémiai szerkezet, koncentráció, fény, UV-sugárzás, oxigén, oldott anyagok, enzimek jelenléte, flavonoidok, fehérjék és fémes ionok ([Rein, 2005](#)), de még az aszkorbinsav jelenléte is befolyásolhatja stabilitásukat. Az antocianinok és az aszkorbinsav is igen

A flavonoid vegyületek egy csoportját képezik az antocianinok (antocianin, görögül: anthos=virág és kianos= kék). Az antocianidinek az alapvető szerkezete az antocianinoknak. az antocianidinek, más néven aglikonok, egy aromás gyűrűt tartalmaznak, mely egy oxigént tartalmaz heterociklikus gyűrűhöz kötött, mely szintén egy aromás gyűrűhöz kapcsolódik C-C kötéssel.

Amikor az antocianidinek glükozid formában vannak jelen (cukorrészhez kötve) akkor úgy ismertek, mint antocianinok. Mostanáig 500 különböző antocianint ([Andersen & Jordheim, 2006](#)) és 23 antocianidint fedeztek fel, melyekből csak hat az, mely a leggyakoribb és a legtöbb

kis stabilitású vegyületek, a hőkezelés csökkentheti az antioxidáns aktivitását és a koncentrációját ezeknek a vegyületeknek ([Patras et al., 2010](#)). [Cao és munkatársai \(2012\)](#) szignifikánsan nagyobb antocianin veszteséget figyeltek meg rostos számócalében, mint a rostnélküliben 4°C-on, mely valószínűleg a rostos mátrix között megmaradó nagyobb oxigén koncentrációnak köszönhető, mely elősegíti az antocianinok degradációját.

Az antocianinok bomlása a számóca színének változásával jár, melyben nagy szerepe van az endogén fenollokkal reagáló polifenol-oxidáznak (PPO). Az enzimatis reakciók során általában barnás színű végtermékek keletkeznek, így a számóca elveszti eredeti élénkpiros színezetét, és a fogyasztóban a rosszabb minőség képzetét társítja. Ezért kiemelkedően fontos hogy az enzimatis barnulást megakadályozzuk, vagy minél alacsonyabb szintre csökkentjük a feldolgozás során.

2.1.4 Az aszkorbinsav jelenléte és hatása az antocianinokra

Már sok kutatás foglalkozott az aszkorbinsav antocianinokra való hatásával, de a vizsgálati eredmények egymásnak igen csak ellentmondóak. Az aszkorbinsav és az antocianin pigmentek közötti kölcsönhatás – az oxidáció vagy kondenzáció – mindkét komponens degradációját okozza, ill. csökkenti a színezeti és táplálkozási minőséget ([Markakis, 1982](#)). Megnövekedett pigment degradáció volt kimutatható aszkorbinsav jelenlétében számos tanulmányban. Az aszkorbinsav oxidációja során a hidrogén-peroxid megjelenésével az antocianinok C2 atomján nukleofil támadás történik, mely a gyűrűs szerkezet kinyílóadását és ketonná alakulását eredményezi ([García-Viguera & Bridle, 1999](#)). A kondenzáció során az antocianinok kovalens kötések képeznek más flavonoidokkal, újabb pirán gyűrűt képezve ([Tiwari et al., 2009](#)). A kondenzált termékek nem stabilak és tovább degradálódnak szintelen összetevőkké ([Jurd, 1972](#)). [Torres és munkatársai \(2011\)](#) úgy találták, a megegyező szintű aszkorbinsav és antocianin csökkenés hűtve tárolt vérnarancs lében kölcsönhatást enged feltételezni a 2 összetevő között. Mindkettő nagyon reaktív és kis stabilitású, ill. ezek kölcsönhatása igen bonyolult lehet.

[Iversen \(1999\)](#) megállapította feketeribizli nektár esetében, hogy a degradáció kinetikájában mindkét összetevő erősen függ a teljes természetes rendszer felépítésétől, úgymint a jelenlévő antocianinok fajtája, ill az aszkorbinsav és más antioxidánsok jelenléte. Acerola pulp és lé (mely kiváló aszkorbinsav és antocianin forrás egyben) vizsgálatánál azt tapasztalták, hogy a megemelt aszkorbinsav koncentráció volt a fő kiváltó oka az antocianin-tartalom veszteségnek és ez okozta a színvesztést is ([De Rosso & Mercadante, 2007](#)).

Ezzel szemben az aszkorbinsav védő hatása volt megfigyelhető [Kaack,&Austed](#) tanulmányában (1998). Az antocianin szerkezet, különösen a glikolizáció és az acileződés típusa játszik fő szerepet az aszkorbinsavval történő reaktivitásukban, pl. malvidin glikozid sokkal stabilabbnak bizonyult, mint a megfelelő monoglükozid oldatban aszkorbinsavval, ([García-Viguera & Bridle, 1999](#)). A

pigmentek a különböző élelmiszer mátrixokban szignifikánsan különböznek egymástól stabilitásukban és színezeti tulajdonságaikban. Ugyanakkor további kutatások nem állapították meg semmilyen szignifikáns hatását az aszkorbinsavnak a pigmentek és a színezet stabilitásán ([Rababah et al., 2005](#)).

2.1.5 Cukrok hatása a szamóca antocianin tartalmára

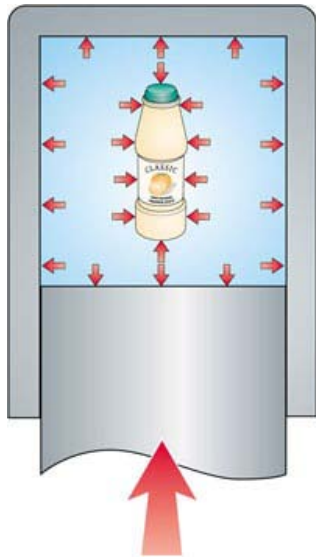
Az olyan természetes élelmiszer összetevők, mint az aszkorbinsav vagy a szacharidok, hatással lehetnek az antocianin tartalom (hő)stabilitására. Számos kutatás próbálta megmagyarázni ennek az okait, azonban az eredmények ellentmondanak egymásnak. ([Rababah et al., 2005](#); [Tsai et al., 2004](#)). Megnövekedett pigmentvesztést mutattak ki szacharidok jelenlétében is ([Markakis et al., 1957](#); [Daravingas & Cain, 1968](#); [Dyrby et al., 2001](#)), és hogy mértéke függ a cukor típusától ([Hubbermann et al., 2006](#)). Másrészt 20% feletti cukortartalom csökkentette a vízaktivitást és megnövelte az antocianin stabilitást. ([Erlandson & Wrolstad, 1972](#)). [Wrolstad és munkatársai \(1990\)](#), valamint [TSAI és munkatársai is \(2004\)](#) kimutatták a szacharóz védő hatását, ugyanis kisebb volt a pelargonidin felezési ideje szamócalében, mint a szamóca sűrítményben. [Dyrby és munkatársai \(2001\)](#) megnövelt pigmentstabilitást érzékeltek vörös káposztában cukor hozzáadása után. Más kutatásban szacharóz impregnálása szamóca dzsembe javította az antocianinok stabilitását, ezáltal antioxidáns aktivitásukat és színezetüket is jobban megőrizte (30-33%) ([Watanabe et al., 2010](#)). További vizsgálat azonban azt bizonyítja, hogy az antocianin tartalmat nem befolyásolja a hozzáadott szacharid ([Malien-Aubert et al., 2001](#)). Korábbi vizsgálatok alapján ([Elek & Salamon, 2010](#)), ahol 5 különböző cukor hozzáadásának hatását vizsgálták, glükóz bizonyult a leginkább védő hatásúnak a színezet tekintetében, mind a kezelések és mind a tárolások folyamán.

2.2 A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés

2.2.1 A nagy hidrosztatikus nyomás alkalmazása az élelmiszeriparban

A nagy hidrosztatikus nyomású kezelés olyan tartósító eljárás, ahol a folyékony vagy szilárd élelmiszereket 100-800MPa közötti hidrosztatikus nyomásnak teszik ki. Az angol nyelvű szakirodalom rövidítése HHP vagy HPP. A XIX. század végén Hite alkalmazta először (1899-ben) a HHP kezelést élelmiszeren. Bizonyította, hogy a nyers tej eltarthatósági ideje négy napra növelhető szobahőmérsékleten végzett 1 órás 600MPa-os kezeléssel. ([Farkas & Hoover, 2000](#)). A XX. század folyamán ugyan folytatódtak a kísérletek, de csak az 1990-es évek elején hoztak gyümölcsleveket, salátaönteteket, dzsemeket, lekvárokat és a tenger gyümölcseit kereskedelmi

forgalomba Japánban. A japán kezdeményezést követően Európában és Észak-Amerikában is megkezdődtek a kutatások és a HHP a legígéretesebb perspektívákkal rendelkező kíméletes alternatív kezelési technológiává vált.



3. ábra A HHP kezelés működési elve (Forrás:

<http://www.avure.com/food/applications/default.asp>)

A HHP kezelés előnye, hogy a közvetítő folyadékba merített, lehetőleg légtérmentesen, flexibilis csomagolásban lévő élelmiszerben a hidrosztatikus nyomás a Pascal-elv szerint pillanatszerűen és egész tömegében egyenletesen (izosztatikusan) érvényesül (**3.ábra**), így a nyomáskezelés hatása, más tartósítási módszerekkel ellentétben, gyakorlatilag nem függ az élelmiszer méretétől vagy alakjától ([Mermelstein, 1998](#)).

A HHP kezelés hatékonysága az alkalmazott nyomás szintjén túl függ a kezelési hőmérséklettől (beleértve az adiabatikus melegedést is), a kezelési időtől, a nyomásnövelés és a nyomáscsökkenés sebességétől, az induló termék hőmérséklettől, a berendezésben kialakuló hőmérséklet-eloszlástól, a termék pH-jától, összetételétől és a vízáktivitásától.

A HHP berendezésekben nyomásközvetítő folyadékként rendszerint korróziógátló adalékkal kiegészített vizet használnak. A víz igen csekély összenyomhatósága révén a nyomásnövelés gyorsan elérhető, az adiabatikus hőfejlődés mértéke pedig 100MPa-onként csupán 3°C. A kezelés időtartama a gyakorlatban néhány másodpercnyi impulzustól a 20 percet meghaladó időtartamig terjedhet, azonban gazdasági szempontból előnytelen, ha 20 percnél hosszabb kezelési időtartamot használunk. A legtöbb kereskedelmi alkalmazása a HHP-nek a 600MPa-on történő kezelést ajánlja 3-5 percig ([Balasubramaniam et al., 2008](#)). A kezelés után a termék zamata friss marad, aszkorbinsav tartalmának jelentős részét megőrzi, és hosszabb ideig eltartható marad. A kezelésnek 600MPa-ig szobahőmérsékleten kezelve nincs szignifikáns befolyása a aszkorbinsav tartalomra ([Sancho et. al., 1999](#)). Nyomáskezelt dzsemeknél az aszkorbinsav 95%-a megmaradt, míg a hőkezeléssel előállítottban csak 72%. A nagynyomásos kezelés számos esetben fokozhatja a gyümölcsök enzimatisz barmulását, amit a kezelés előtti teljes oxigénkizárással lehet gátolni ([Koncz et al., 2007](#)).

A HHP kezelés hatásmechanizmusát tekintve elmondható, hogy az enzimek és mikroorganizmusok inaktiválása a hőkezeléshez hasonlóan itt sem egyetlen tényező hatására következik be. Kulcsszerepet játszik a sejtmembrán tulajdonságainak megváltozása (sejtfal elválás a citoplazma membrántól, sejtfal áteresztőképességének megnövekedése), a fehérjék szerkezetének változása, az

aminosavakat körülvevő vízmolekulák elrendeződésének megváltozása, intracelluláris enzimek inaktiválódása és a riboszómák sérülése. ([Farkas & Hoover, 2000](#); [Smelt et al., 2002](#)). A vegetatív sejteket vizsgálva általánosan elmondható, hogy a Gram-pozitív baktériumok jobban ellenállnak a környezeti stressznek, köztük a nyomásnak, mint a Gram-negatív sejtek. HHP alkalmazásakor 400-600MPa nyomáskezelés inaktiválja a vegetatív mikroorganizmusokat, és oly mértékben csökkenti az enzimaktivitást, hogy a termék 4-6°C-on tárolva meglehetősen hosszú ideig eltartható marad ([Cheftel, 1995](#)). Nyugvó baktérium spórák nagy hidrosztatikus nyomással szemben is nagyon rezisztensek, és közvetlen inaktiválásuk még 1000MPa nyomás alkalmazása esetén sem teljes. Meglepő módon azonban kisebb, 100-200MPa nyomás a csírázásukat elősegítheti, a kicsírázott spórák pedig már nyomás- és hőérzékenyek. Ez a megfigyelés a HHP és enyhe hőkezelés kombinációit ígéretessé teszi ([Ludikhuyze et al., 2001](#)).

Megfelelő nyomás, kezdeti hőmérséklet, kezelési idő és az adiabatikus hőmérséklet emelkedés használatával elérhető a teljes sterilitás. [Hayakawa és munkatársai \(1994\)](#) 70°C-os 600MPa-os kezeléssel inaktiválták a *Bacillus stearothermophilus* spórákat.

2.2.2 A HHP hatása a gyümölcsszínváltozásra

A gyümölcsszín az alapvető meghatározója a piros bogyógyümölcsök minőségének és az ezekből készült termékeknek, ami az antocianinok jelenlétének tulajdonítható. Legfőképp a polifenol oxidáz és peroxidáz enzimek aktivitása felelős az antocianinok és más polifenolok degradációjáért mely színbarnuláshoz és az antioxidáns aktivitás csökkenéséhez vezet. ([Chisari et al., 2007](#); [Lopez-Serrano & Barcelo, 2002](#); [Tiwari et al., 2009](#)). Ezért oly fontos, hogy a feldolgozás során működésképtelenné tegyük a szöveti enzimeket. A HHP alkalmazásával az inaktiválódás történhet az intramolekuláris szerkezet módosulásával ill. az enzim szubsztrát kapcsolat vagy az enzim aktív centrumában bekövetkezett konformáció változás miatt. Azonban az enzimek regenerálódása is megtörténhet a kezelt termékek tárolása során. [Zabetakis és munkatársai \(2000\)](#) azt tapasztalták, hogy 200-800MPa között és 18-22°C tartományban a 15 perces kezelések után a pelargonidin-3-glükózid és a pelargonidin-3-rutinozid koncentrációjában nem történt változás. Azonban a kezelés típusától és a vizsgált antocianintól függően 20-60% veszteséget tapasztaltak 9 napos fagyasztott tárolás után. Ez a megmaradó polifenol oxidáznak (PPO) és peroxidáznak (POD) volt tulajdonítható. [Zabetakis és munkatársai \(2000\)](#) nagyobb mértékű csökkenést tapasztaltak a pelargonidin-3-glükózid mennyiségében a pelargonidin-3-rutinozidhoz képest ugyanolyan körülmények között HHP kezelt és tárolt szamóca esetében, mivel a β -glükózidáznak nagyobb az affinitása a glükóz irányába, mint a rutinóz felé. Hasonló eredményeket tapasztaltak szamóca dzsem vizsgálatakor [Gimezen és munkatársai \(2001\)](#) is.

A fenolok, és ezzel együtt természetesen az antocianinok is, meglehetősen rezisztensnek bizonyulnak HHP kezelésekkel szemben. [Patras és munkatársai \(2009\)](#) megállapították, hogy a 400, 500 és 600MPa nyomáskezelés szobahőmérsékleten jól megőrizte a szamóca püré antocianin-tartalmát. Emellett [Patras és munkatársai \(2009\)](#) 600MPa nagy nyomással kezelt szamóca pürének szignifikánsan (9,8%, $p < 0,05$) nöött az antocianin-tartalma (939,0 mg/100g) a kezeletlen püréhez képest (855,0 mg/kg). Hasonló trendet figyeltek meg fekete szeder esetében is. Ez a növekedés az összfenotartalomban valószínűleg az egyes antioxidáns komponensek nyomáskezelés után megnövekedett extraktálhatóságának köszönhető. Korábbi vizsgálatok alapján ([Salamon 2010](#)) a 400MPa és 600 MPa kezelt szamócapürék jól megőrizték színtabilitásukat 3-4 héten keresztül, még 20°C-os tárolás esetén is, és még nem változtak oly mértékben, hogy befolyásolhassák a fogyasztó megítélését, így ezen időtartam alatt biztosan kereskedelmi forgalomban lennének tárolhatóak. Emellett más szerzők is a az antocianin tartalom tárolás során bekövetkező kezdetben gyors, majd fokozatosan lassuló tendenciát mutató csökkenéséről számolnak be ([Tan 2011](#)).

2.2.3 A HHP kezelés előnyei és hátrányai

A HHP egyik legnagyobb előnye, hogy a kezelés hatékonysága nem függ az élelmiszerek méretétől és formájától, a kezelés izosztikus, vagyis pillanatszerűen és az élelmiszer teljes tömegében egyenletesen, azonnali nyomáshatás érvényesül, ezáltal lerövidül a kezelési idő. Ez a technológia szobahőmérsékleten is alkalmazható vagy enyhe hőkezeléssel kombinálható. Míg a nagy molekula tömegű összetevők, mint a fehérjék vagy szénhidrátok képesek megváltozni a kezelés során, addig a kisebb molekulák úgymint illékony komponensek, pigmentek, vitaminok és egyéb összetevők, melyek a természetes, egészséges és érzékszervileg kívánatos tulajdonságokért felelősek nem szenvednek semmilyen változást ([Oey et al., 2008](#)). A HHP alkalmazásával elkerülhető biopolimerek hőkezelés hatására bekövetkező nemkívánatos reakciótermékeinek megjelenése pl.: a Maillard-reakció során ([Deliza et al., 2005](#)). Esetenként kedvező állományváltozás is elérhető. Mikrobiológiai szempontból kedvező hogy a termék csomagoltan kezelhető, elkerülhető a kezelés utáni fertőződés veszélye. A technológia környezetbarát, csak elektromos energiát igényel, a feldolgozás során nem keletkezik környezetszennyező melléktermék.

A HHP alkalmazása során számolnunk kell azzal, hogy az enzimek és a baktériumok nagyon nyomástűrőek, magas nyomáskezelést szükséges alkalmazni. Így is előfordulhat, hogy marad nem inaktivált enzim az élelmiszerben, vagy az enzimek regenerálódhatnak, melyek így degradációt okozhatnak bizonyos élelmiszer-összetevőkben. Alacsony hőmérsékletű tárolás és forgalmazás szükséges, hogy a termék megőrizze a kedvező érzékszervi tulajdonságokat és a természetes minőséget. Sajnos a folytonos technológia nehezen megvalósítható. A technológia flexibilis

csomagolóanyagokat igényel, mivel az élelmiszer térfogata csökken a nyomáskezelés alatt és a nyomás elengedésekor kitágul.

Mindezen felismert előnyök mellett szükséges a fogyasztó pozitív hozzáállása ezen termékek iránt, csak így lehetséges garantálni a sikert a mai versengő globális piacon, ahol az új termékfejlesztés megkívánt a túléléshez. Ennek tudatában alkalmazzák egyre nagyobb intenzitással ezeket a fejlődő kíméletes technológiákat az élelmiszer innováció területén, hogy új típusú, megkülönböztethető élelmiszerkészítményeket hozzanak létre. Világviszonylatban gyorsan növekszik a HHP kezelt termékek forgalma. Míg 2005-ben 90 darab ipari méretű HHP élelmiszer előállító berendezés működött világszerte, 55 cég több mint 150 fajta termékkel ([Dalmadi & Farkas, 2006](#)), addig 2010-re a berendezések száma több mint 156 lett, maximálisan 687 L ürtartalommal használva világszerte és átlagosan 300000 t nyomáskezelt terméket előállítva évente ([Knorr et al., 2011](#)).

Jelenleg széles a HHP termékek termékpalettája, elérhető HHP kezelt hústermékek, gyümölcslevek, tenger gyümölcse, tejtermékek és készételek is. Azonban a magas fajlagos költség és hogy a technológia szakaszos jellegű, limitálja a folyadék-élelmiszer feldolgozást, bár ez úgy tűnik, nem szabhat gátat a növekvő alkalmazási tendenciának (**2.táblázat**). Szélesebb körű ipari alkalmazással és innovációval a berendezés ára várhatóan csökkenni fog.

2.táblázat Példák kereskedelemben kapható folyadék természetű élelmiszerekre HHP kezelés alkalmazásával Forrás: [Knorr et al., 2011](#)

Ország	Év	Termék
Japán	1993	Rizs bor
Franciaország	1994	Citruslé
Mexikó	2000	Citruslé és sűrítmény
Libanon	2001	Gyümölcslevek
Portugália	2001	Alma és citrus ízesítésű gyümölcslevek
Cseh köztársaság	2004	Brokkoli, alma, cékla és répalevek
Észak-Írország	2006	Rostos gyümölcslevek
USA	2005	Alma, szamóca és gyömbérlevek
Új-Zéland	2009	Colostrum

2.3 A szakirodalom eredményeinek értékelése, célkitűzések

Az Irodalmi áttekintésben bemutattam, hogy a gyümölcsfogyasztásnak, ezen belül is a szá mócafogyasztásnak milyen fontos szerepe lehet egészségünk megőrzésében. Magyarország gyümölcsfogyasztása ugyan elmarad a fejlettebb országokétól, de növekvő tendenciát mutat. Emellett a fogyasztás növekedését elősegíthetik az új típusú kíméletes tartósítási technológiák, melyek megőrzik az élelmiszerek frissességét a feldolgozás során. Ennek kapcsán bemutattam a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés előnyeit az élelmiszertartósításban, illetve a technológia lehetséges korlátozó tényezőit is. Kiemeltem, hogy ez a technológia ígéretesnek tűnik a szá mócapürék és -levelek színének és beltartalmának megőrzéséhez. Azonban nem elegendő, hogy a feldolgozás során ne szenvedjen káros hatásokat a termék, fontos hogy a tárolás alatt is megőrizze az eredeti frissességre utaló jellemzőket. Ez megköveteli, hogy megvizsgáljuk a tárolási időszak körülményeinek hatását is. Számos tanulmány vizsgálta már a HHP kezelés szá mócára gyakorolt hatását, de alig néhány vizsgálta csak a tárolás során bekövetkező változásokat. Mivel a kíméletes technológiák esetében a frissesség megőrzése céljából feláldozzuk a hosszabb eltarthatóságot, így vizsgálataim során egy rövidebb tárolási időszaktól választottam. Emellett az Irodalmi áttekintésben beszámoltam arról, hogy mennyire nem tisztázott az aszkorbinsav hatása, ill. mennyire egymásnak ellentmondóak a korábbi vizsgálati eredmények. Hasonlóan kevés és nem eléggé tisztázott adat szolgál csupán a cukortartalom antocianinokra való hatásáról a nagy nyomású kezelés és az azt követő tárolások során.

A felsorolt érvek alapján a következő kérdésekre kerestem a választ:

1. Milyen hatásai vannak a különböző mértékű és időtartamú nagy hidrosztatikus nyomáskezelésnek a szá mócapüré antocianin tartalmára a kezelés során?
2. Milyen változások következnek be az antocianin tartalomban a 21 napos 20°C-on történő tárolás folyamán?
3. Milyen hatása van kis mennyiségű hozzáadott aszkorbinsavnak az antocianin tartalomra a kezeléseket és a tárolások során?
4. Hogyan befolyásolhatja a hozzáadott glükóz az antocianin tartalmat a kezeléseket és a tárolások folyamán?

3 Anyagok és módszerek

3.1 Gyümölcs-alapanyagok és minta-előkészítés

A kísérleteimhez hűtőházból származó gyorsfagyasztott szamócát használtam fel. A gyorsfagyasztás az egyik legkíméletesebb tartósítási eljárás, és ezáltal elkerültem, hogy a vizsgálataim időtartama a szezonális időszakra legyen korlátozva.

3. táblázat. A szamócalé jellemzői

Szamócalé kezdeti jellemzői	Mért adatok
pH	3,58
ref%	8,38
Szárazanyag tartalom (g/100g)	8.5

A gyorsfagyasztott szamóca felengedtetése szobahőmérsékleten történt vákuumtasakba zárva, majd Robot Coupe C80A passzírozó géppel pürét állítottam elő belőlük (**4. ábra**). Ezek után a szamócapüréket lecentrifugáltam (Jouan CR22i centrifuga, BCE ÉTK Sör- és Szeszipari Tanszék, **5.**

ábra), hogy a rostos mátrix között megmaradó oxigén ne segítse elő az antocianinok degradációját, különösen a tárolás során. A centrifugálást kétszer végeztem el a mintán, 10000 rpm fordulatszámmal, 20 percen keresztül állandó 4°C-on tartva a minta hőmérsékletét. A szamócalé centrifugálás utáni jellemzőit a **3. táblázat** mutatja.



4. ábra Szamócapüré készítése Robot Coupe C80A passzírozó géppel
(Forrás: saját)

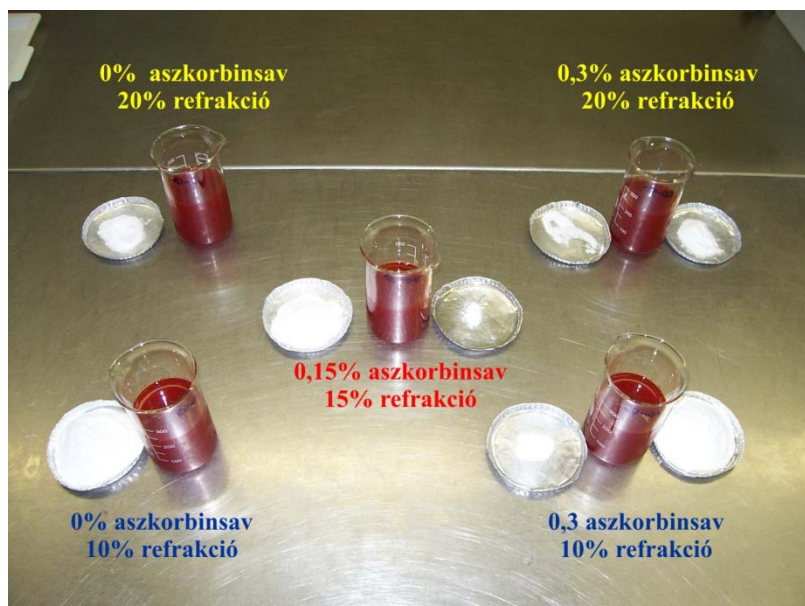


5. ábra Szamócapüré centrifugálása (fent) Jouan CR 22i centrifugával (balra)
(Forrás: saját)

3.2 A szamócalevek cukorral és aszkorbinsavval történő kiegészítése

A cukortartalom hatásának vizsgálatához a kezdeti 8,38% refrakció értéket (**3. táblázat**) 10%-ra egészítettem ki, és ez képezte a vizsgált refrakció-tartomány alsó határát. A tartomány másik szélső értékéhez tartozó szamócalevek refrakcióját 20%-ra állítottam be. E közbelső állapot vizsgálatához 15% refrakciójú mintákat készítettem. A kiegészítéshez minden esetben glükózt használtam. Az aszkorbinsav kiegészítés három szintjét 0%, 0,15% és 0,3% értékben határoztam meg, a cukrozott

számócalé tömegére vetítve. Az elkészült alapanyag-kombinációkat a **6. ábra** mutatja. A különböző mintákat műanyag fóliából készített tasakokba helyeztem, minden tasakba kb. 20 ml-t, majd a fóliatasakokat lehegesztettem biztosítva a levegő kizárását, ill. kezelésként szétválasztva gyűjtőtasakba helyeztem őket (**7. ábra**).



6. ábra A kísérletben felhasznált különböző refrakciójú és aszkorbinsav-kiegészítésű számócalé minták (Forrás: saját)



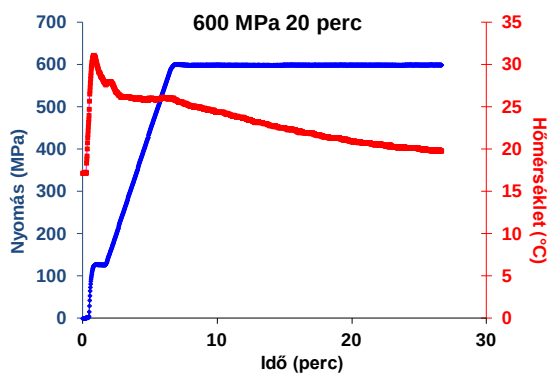
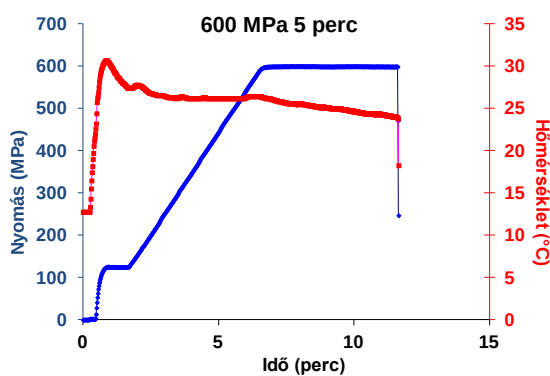
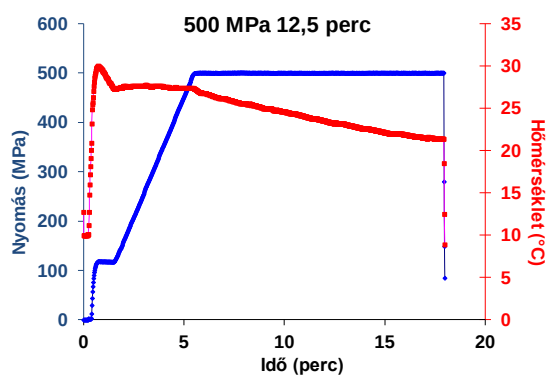
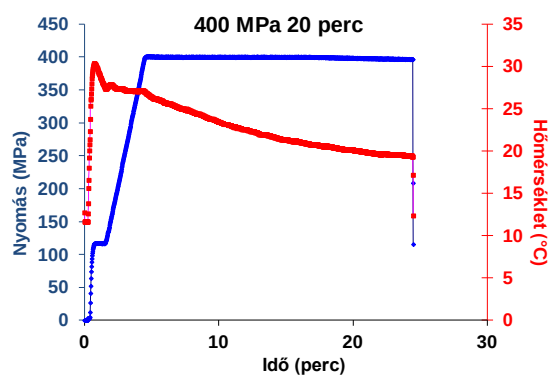
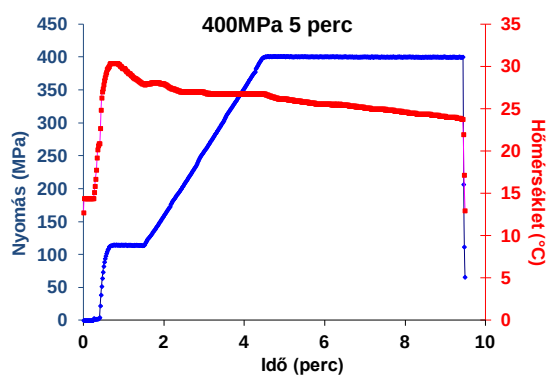
7. ábra Egyedi- és gyűjtőtasakokba lecsomagolt minták (Forrás: saját)

3.3 A számócalevek HHP kezelése

A műanyag tasakokba töltött számócaleveket RESATO FPU 100-2000 nagy hidrosztatikus nyomású élelmiszer-tartósító berendezésben (Resato International B.V., Hollandia, **8. ábra**) kezeltem. A berendezés egy nyomásfokozó egységből (1600mm x 2200mm x 830mm, 1200kg.) és egy kezelő egységből (1300mm x 950mm x 1400mm, 4500kg.) áll. A kezelőkamra térfogata 2 liter, a nyomásátadó közeg RESATO PG Fluid. Az elérhető maximális nyomásértéke 1000 MPa (10.000 bar). A nyomás emelésének és a kezelés időtartama tetszés szerint beállítható. A berendezéshez kapcsolódó termosztát segítségével a kezelés hőmérséklete – 20°C és +120 °C között szabályozható. A berendezés a rendszerhez kapcsolt vezérlőpultról programozható, irányítható. A kezelési ciklusok nyomás – hőmérséklet értékei digitális formában automatikusan tárolódik. A kezeléseket 400, 500 ill. 600MPa nyomásértékeken 5, 12,5 és 20 perces tartási idővel végeztem. A kezeléseket során kialakuló nyomás-hőmérséklet viszonyokat az **9. ábra** szemlélteti. A kísérletek során ismételt mérések az 500MPa nyomással 12,5 percig kezelt, 15 ref% glükózkiegészítés ill. 0,15% aszkorbinsav kiegészítés estében történt (három ismétlés).



8. ábra A RESATO FPU 1000-2000 nagy hidrosztatikus nyomású berendezés (balra) a kezelőtérbe helyezett gyűjtőcsomagokkal (fent) (Forrás:saját)



9. ábra Az elvégzett kezelések kombinációihoz tartozó nyomás-hőmérséklet profilok

3.4 Gyümölcspürék tárolása



10. ábra Minták tárolása Contraves C40 P folyadéktermosztátban (Fotó: saját)

A kezelést követő tárolás során a nyomáskezelések mértékének és időtartamának, ill. a hozzáadott glükóz és aszkorbinsav antocianin-tartalom változásra gyakorolt hatásainak vizsgálatához a számócaleveket 20°C hőmérsékleten 3 hétig tároltam. Ezen időtartam alatt és ezen a hőmérsékleten tárolva, a változások már jól érzékelhetők, de a kezelt minták még alkalmasak a kereskedelmi forgalomba hozatalra. A mintákat folyadék-termosztátban tartottam (Contraves C40 P, **10. ábra**) az állandó hőmérséklet biztosítása végett.

3.5 Antocianin tartalom meghatározása

A különböző módokon kezelt, kiegészített és tárolt mintáknál az antocianin tartalom mérése során minden mintából 1g anyagot 50 ml-es mérőlombikba mértem, majd veszteség nélkül feltöltöttem sósavas alkohollal, jól összeráztam. ezután teljesen sötét helyen tároltam fél óráig. Ezután üveggyapoton keresztül leszűrtem, majd Spektrofotométeren (Hitachi U-2900), 530 nm-en mértem az abszorbanciát, az összehasonlító oldat a sósavas alkohol volt.

Sósavasalkohol készítése:

20 ml-es cc. HCl –mérünk 1000 ml-es mérőlombikba, majd 96%-os etanollal jelig töltjük.

$$\text{Számítás: } mg / kg = \frac{15 \cdot \text{Abszorbancia} \cdot \text{hígítás}}{\text{bemért tömeg}}$$

A mérési eredményeket többtényezős variancianálízis segítségével (SPSS 11.0) és 2ⁿ típusú teljes faktoriális kísérletterv (Unscrambler 9.0) alapján értékeltem. Az elemzéseket dolgozatom során minden esetben 95%-os szignifikancia szint mellett végeztem

4. Eredmények és értékelésük

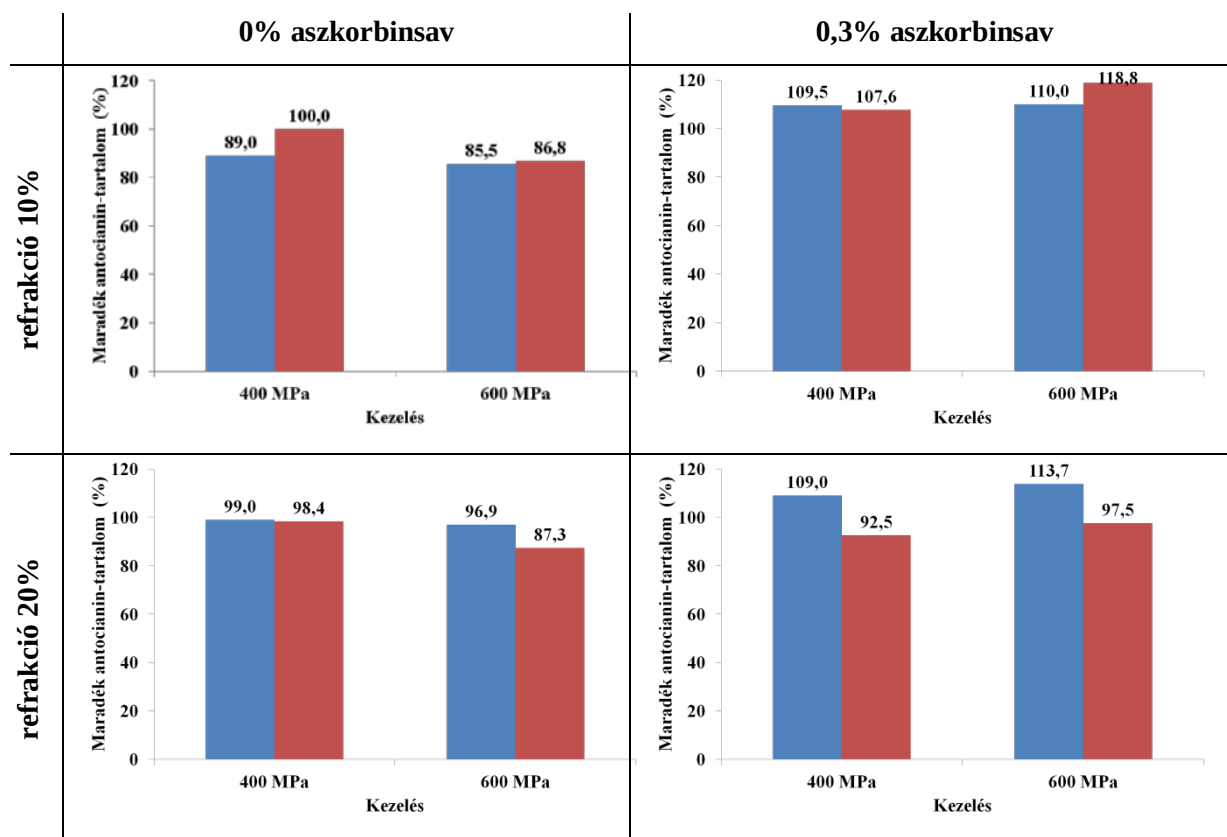
Elsőként a vizsgált faktorok (cukortartalom, aszkorbinsav-kiegészítés, nyomás, kezelési idő) szélső értékeinek (cukortartalom: 10 és 20% refrakció, aszkorbinsav-kiegészítés: 0 és 0,3%, nyomás: 400 és 600 MPa, kezelési idő: 5 és 20 perc) hatását vizsgáltam meg. A faktorok ezen szintjeinek kombinációinál mért antocianin-tartalmak értékeit a **4. táblázat** tartalmazza. Az antocianin-tartalmak mérési eredményei hasonló tartományban és nagyságrendben helyezkednek el, mint más kutatások eredményei is ([Zheng et al., 2007](#); [Dalmadi, 2009](#); [Bodelón et al., 2012](#)). A táblázatban az A₀ a HHP kezelés nélkül mért mintákat, az A₁ a kezelés után mért, míg az A₂ a 21 napos tárolás után mért mintákat jelöli.

4. táblázat Szamócalé antocianin-tartalmának vizsgálati eredményei a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés és a 20°C-os 21 napos tárolás után

Aszkorbinsav hozzáadás (%)	Refrakció (%)	Nyomás (MPa)	Idő (perc)	0. nap		21. nap	
				Kód	Ant. tart (mg/kg)	Kód	Ant. tart (mg/kg)
0	10	0	0	A ₀	276.05	-	-
0	10	400	5	A ₁	245.73	A ₂	141.39
0	10	400	20	A ₁	276.11	A ₂	123.96
0	10	600	5	A ₁	236.10	A ₂	135.95
0	10	600	20	A ₁	239.58	A ₂	114.89
0	20	0	0	A ₀	205.49	-	-
0	20	400	5	A ₁	203.43	A ₂	129.79
0	20	400	20	A ₁	202.13	A ₂	151.01
0	20	600	5	A ₁	199.17	A ₂	141.62
0	20	600	20	A ₁	179.35	A ₂	116.59
0,3	10	0	0	A ₀	217.55	-	-
0,3	10	400	5	A ₁	238.14	A ₂	102.84
0,3	10	400	20	A ₁	234.11	A ₂	114.88
0,3	10	600	5	A ₁	239.20	A ₂	115.97
0,3	10	600	20	A ₁	258.39	A ₂	140.72
0,3	20	0	0	A ₀	199.05	-	-
0,3	20	400	5	A ₁	217.04	A ₂	88.94
0,3	20	400	20	A ₁	184.16	A ₂	92.53
0,3	20	600	5	A ₁	226.36	A ₂	109.13
0,3	20	600	20	A ₁	194.09	A ₂	145.95

4.1 Antocianin-tartalom változása a kezelés hatására

A 4. táblázat 0 napos adataiból szerkesztett **11. ábrán** láthatjuk az 5 és 20 perces 400 és 600 MPa-on végzett nyomáskezelések hatásait a számócalevek összetétel szerinti csoportosításában. Az ábrán feltüntetett oszlopok a számócalevek kezelés utáni (A_1) és kezelés előtti (A_0), antocianin tartalmának arányait (A_1/A_0) százalékos értékekben mutatják.

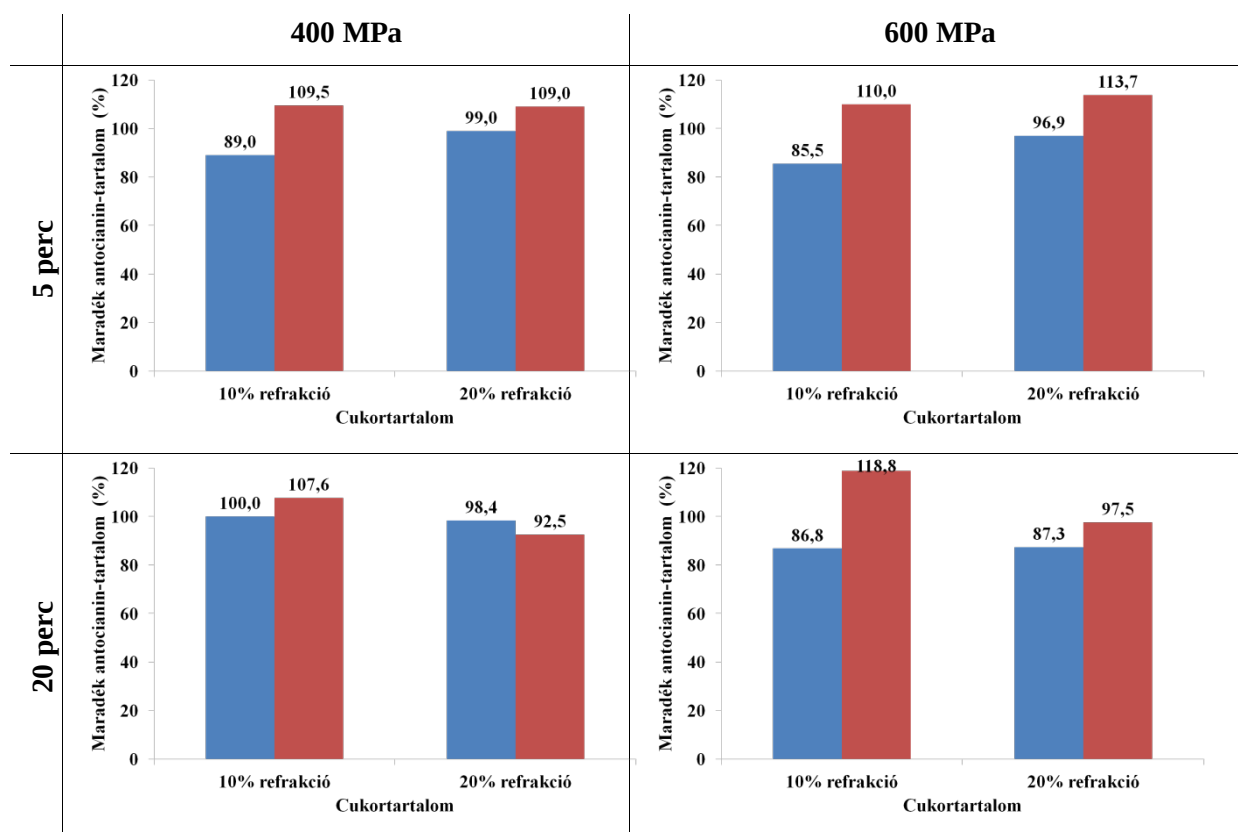


11.ábra A 400MPa és 600MPa nyomáskezelések, valamint az 5 perc (■) és 20 perc (■) kezelési idők hatása a számócalé-minták antocianin-tartalmára a refrakció érték és az aszkorbinsav-kiegészítés szerinti bontásban, közvetlenül a kezeléseket után (A_1/A_0).

A kezelt minták eredményeit a kontroll mintákkal (nyomáskezelésen át nem esett) összehasonlítva azt tapasztaltam, hogy a számócalevek antocianin-tartalma csökkent a nyomáskezelések hatására, azonban ezek változások nem nevezhetők jelentősnek. Különösen annak fényében nem, hogy több esetben az antocianin-tartalom 100% fölötti eredményeket mutat, ami valószínűleg a mérések hibájának tekinthető. Mivel szisztematikus eltérés nem fedezhető fel a nyomáskezelés szintje és a kezelési időtartam hatására, elmondható, hogy a nyomáskezelés körülményei nem befolyásolják jelentősen az antocianin tartalom változását.

A 4. táblázat 0 napos adatait a 11. ábrához hasonló elrendezésben, de más csoportosításban ábrázolva, a **12. ábrán** láthatjuk a különböző glükózkiegészítések és a hozzáadott aszkorbinsav hatásait a számócalé antocianin tartalmának változására a nyomáskezeléseket követően. Bár a változásokat szemléltető oszlopok közötti különbségek itt sem jelentősek, azért megfigyelhető, hogy egyedül a 20%-os refrakciójú 400 MPa-on 20 percig kezelt mintáknál volt hajszálnyival jobb antocianin megőrzés az aszkorbinsavval nem kiegészített mintáknál, mint a 0,3% aszkorbinsavval kiegészítettéknél. Így úgy tűnik, hogy az aszkorbinsav hozzáadása jobban megőrizte az antocianin tartalmat a számócalevekben. Az is megfigyelhető a 10 és 20%-os refrakciójú mintapárok összehasonlításából, hogy a cukortartalom növelése nem befolyásolta az antocianin-tartalom megőrzését a HHP-kezelés során.

Az elemzéseket statisztikai alapokra helyezve többszörös varianciaanalízist végeztem az A_1/A_0 adatokkal. A varianciaanalízis azt mutatja (**5. táblázat**), hogy a mérési adatok csoportjai között szignifikáns különbség mutatható ki, ugyanis a megfigyelhető szignifikánszint (Corrected Model) értéke pontosan megegyezik az elsőfajú hiba értékével (5%). Az is látható, hogy a cukor-kiegészítéseknek nem ($p=0,700$), de a hozzáadott aszkorbinsavnak szignifikáns hatása volt az antocianin-tartalomra ($p=0,004$), jobban megőrizte azt. Az eredmények a többszörös varianciaanalízis elvégzése után azt mutatják, hogy nem mutatható ki szisztematikus hatás sem a nyomáskezelések eltérő szintjei, sem a kezelés különböző időtartamainak hatása között ($p=0,797$ és $p=0,479$). Mivel nagyobb nyomáskezelést használva hosszabb nyomástartási időn keresztül elérhetjük a kezdeti csíraszám nagyobb mértékű csökkenését, ez az eredmény előnyösnek bizonyul abban a tekintetben, hogy nyugodtan használhatjuk tartósításra a nagyobb szintű és időtartamú nyomáskezelést.



12 ábra A 10 és 20%-os refrakció, valamint a 0% () és a 0,3% (■) aszkorbinsav-kiegészítés hatása a számócalé-minták antocianin-tartalmára az alkalmazott nyomásszint és az alkalmazott kezelési idő szerinti bontásban, közvetlenül a kezelések után (A_1/A_0).

5 táblázat A maradék antocianin-tartalom mennyiségére ható faktorok (refrakció, aszkorbinsav-kiegészítés, nyomáskezelés szintje és ideje) hatásának értékelése többtényezős varianciaanalízissel, közvetlenül a kezelések után (A_1/A_0).

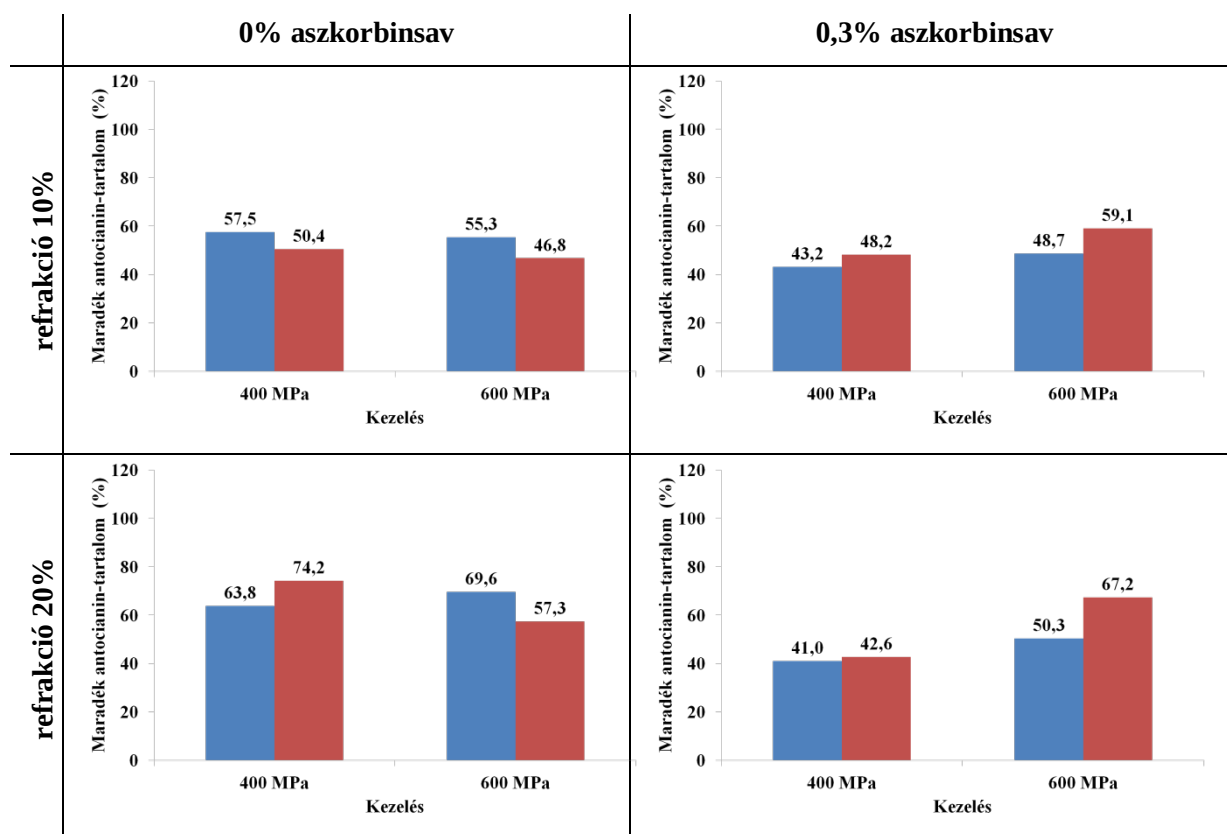
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	0.089	4	0.022	3.365	0.050
Intercept	16.030	1	16.030	2434.903	0.000
ASZKORBINSAV	0.084	1	0.084	12.700	0.004
CUKOR	0.001	1	0.001	0.156	0.700
NYOMÁS	0.000	1	0.000	0.070	0.797
IDŐ	0.004	1	0.004	0.537	0.479
Error	0.072	11	0.007		
Total	16.191	16			
Corrected Total	0.161	15			

R Squared = .550 (Adjusted R Squared = .387)

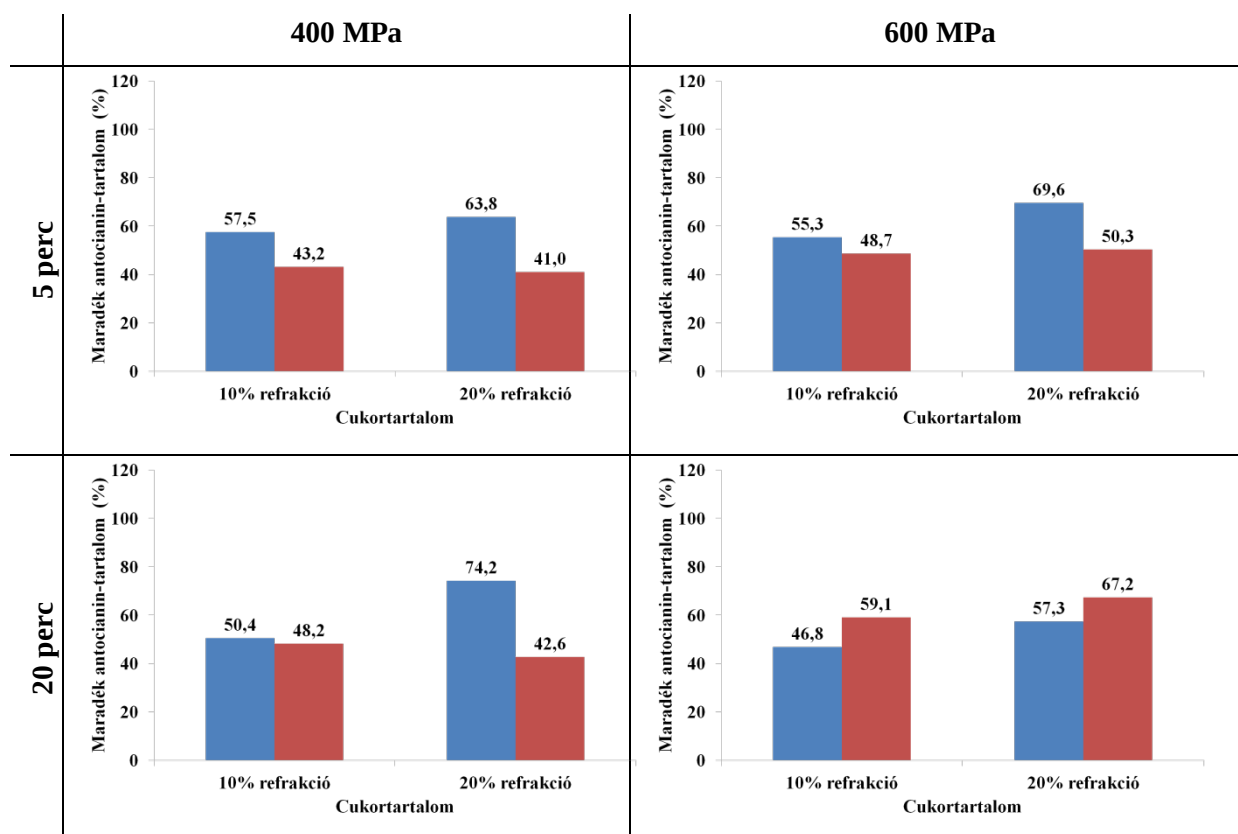
4.2 Antocianin-tartalom változása a tárolás hatására

A 0 napos adatok értékeléséhez hasonlóan elvégeztem a 4. táblázat 21 napos adatainak (A_2/A_1) elemzését. A **13. ábrán** láthatjuk a 400 MPa és 600 MPa nyomáskezelések, valamint az 5 perc és 20 perc kezelési idő hatásait a 21 napos tárolás elteltével a számócalevek összetétel szerinti csoportosításában. Összehasonlítva a 11. ábra adataival megfigyelhető hogy a 21 napos, 20°C-on történő tárolás során az antocianin tartalom drasztikusan csökkent az induláshoz képest. Míg a 0. napon csak 10% körüli volt a változás a kezelések hatására, 21 nap után már néhány esetben meghaladja az 50%-ot is. Azonban a 13. ábra kék-kék, piros-piros és kék-piros oszlopait páronként összehasonlítva nem fedezhető fel tendenciózus változás, így ebben az elrendezésben nem igazolható a nyomásszintek és kezelési idő hatása. Viszont, ha a mérési eredményeket a glükóz-kiegészítés és a hozzáadott aszkorbinsav-tartalom szerint csoportosítva vizsgáljuk a 21 napos tárolást követően (14. ábra), már felfedezhető tendencia az oszlopok mintázatában az aszkorbinsav hatását tekintve. A 600 MPa, 20 perc nyomáskezelés kivételével minden esetben megfigyelhető, hogy a hozzáadott aszkorbinsavat tartalmazó minták antocianin-tartalma jobban csökkent a hozzáadott aszkorbinsavat nem tartalmazó mintákhoz képest. Ez a tendencia ép ellentétes azzal, melyet a 0 napos adatoknál láttunk az aszkorbinsav hatására vonatkozóan.

A 4.1 fejezetben bemutatott többtényezős variancia-analízist a tárolt minták mérési adataival is elvégezve a **6. táblázat** mutatja, hogy míg a nyomáskezelés szintjénél ($p=0,254$) és időtartamánál ($p=0,415$) nem volt kimutatható szignifikáns hatás az antocianin tartalom csökkenésében, addig a cukor-kiegészítésnek szignifikáns volt a hatása ($p=0,037$) az antocianin-tartalom változásában, és a hozzáadott aszkorbinsav is közel volt hozzá, hogy szignifikáns hatással rendelkezzen ($p=0,069$).



13.ábra A 400MPa és 600MPa nyomáskezelések, valamint az 5 perc () és 20 perc (■) kezelési idők hatása a szamócalé-minták antocianin-tartalmára a refrakció érték és az aszkorbinsav-kiegészítés szerinti bontásban, a 21 napos tárolás után (A_2/A_1).



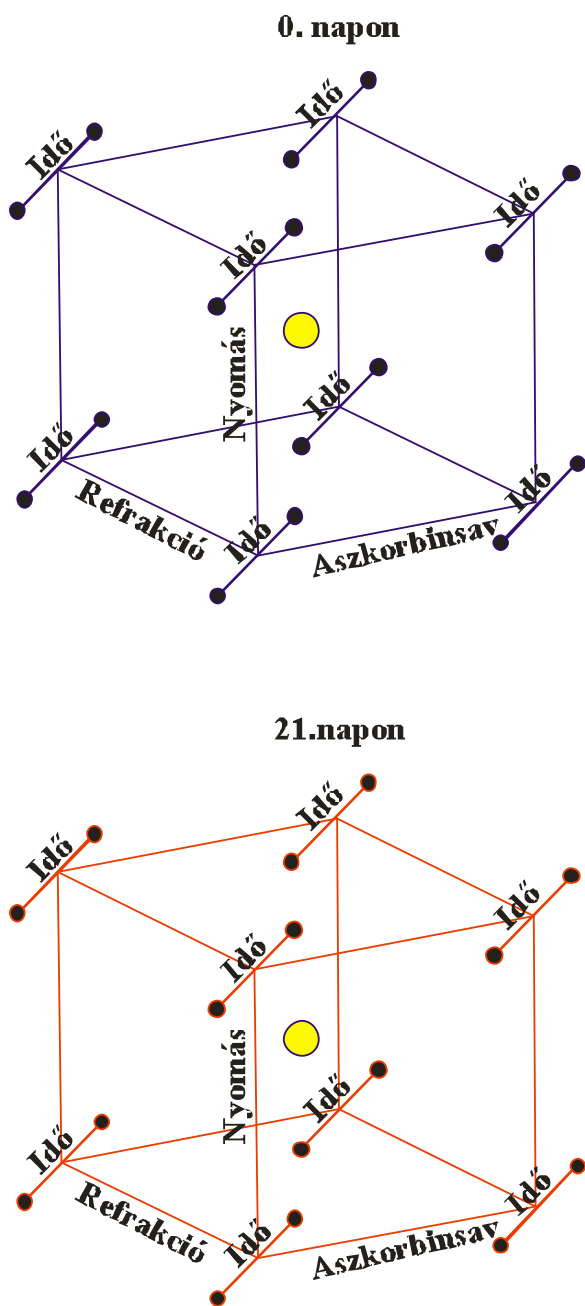
14. ábra A 10 és 20%-os refrakció, valamint a 0% () és a 0,3% (■) aszkorbinsav-kiegészítés hatása a számócalé-minták antocianin-tartalomára az alkalmazott nyomásszint és az alkalmazott kezelési idő szerinti bontásban, a 21 napos szobahőmérsékletű tárolás után (A_2/A_1)

6. táblázat A maradék antocianin-tartalom mennyiségére ható faktorok (refrakció, aszkorbinsav-kiegészítés, nyomáskezelés szintje és ideje) hatásának értékelése többtenyezős varianciaanalízissel, a 21 napos szobahőmérsékletű tárolás után (A_2/A_1).

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	0.097	4	0.024	2.969	0.069
Intercept	4.978	1	4.978	608.448	0.000
ASZKORBINSAV	0.033	1	0.033	4.044	0.069
CUKOR	0.046	1	0.046	5.663	0.037
NYOMÁS	0.012	1	0.012	1.451	0.254
IDŐ	0.006	1	0.006	0.718	0.415
Error	0.090	11	0.008		
Total	5.165	16			
Corrected Total	0.187	15			

R Squared = .519 (Adjusted R Squared = .344)

4.3 Antocianin-tartalom változás értékelése a 2ⁿ típusú teljes faktoriális kísérletterv alapján.



15. ábra A 2ⁿ típusú kísérlettervhez felállított modell szemléltetése

A 4.1 és 4.2 fejezetekben grafikusán és többtényezős variancia-analízis segítségével értékeltem az alapanyag összetétel módosítás (aszorbinsav-, cukor-kiegészítés), a nagy hidrosztatikus nyomású kezelés körülményeinek (nyomás szintje, kezelési idő), és a 21 napos 20°C-on végzett tárolás hatását a számócalé antocianin tartalmára. Mivel a mérési pontokban nem történtek ismételt mérések, így a statisztikai módszerrel nem tudtam a 4 főfaktor között esetlegesen fennálló interakció hatását megvizsgálni. Ezért a mérési adatokat kiegészítettem újabb adatokkal. A 15. ábrán látható a teljes kísérletterv elméleti vázlata. A korábbi fejezetekben a kézzel (0 napos) és pirossal (21 napos) jelölt vonalak mentén adatok értékelése történt. Hogy az egymástól független változók főhatásai mellett egymással szemben mutatott kölcsönhatásait is vizsgálni tudjam mindkét esetben a mérési pontokat kiegészítettem a centrumponthoz (a faktorok két szélső értéke közötti távolság felénél) végzett ismételt mérésekkel. A centrumpontokat a 15. ábrán sárgával jelöltem. A 2ⁿ teljes faktoriális kísérleti terv végrehajtásával meghatározható egy olyan válaszfüggvény, melynek segítségével

interpolálhatjuk a kocka összes belső pontjára a várható antocianin-tartalom megőrzés nagyságát. Két okból adunk középponti beállítást a kísérlettervhez: A folyamat stabilitásának ellenőrzésére és az eredendő változékonyság mérésére, valamint a görbület (a lineáristól eltérő függés) ellenőrzésére. A faktorok a legritkább esetben hatnak egymástól függetlenül. Az egyik hatás beállításának megváltoztatása után a másik hatása teljesen megváltozhat. Ezért kell együtt változtatni az összes faktort és nem egyesével keresni optimumot.

A centrumpont beállításai az én kísérlettervemben szereplő 4 főfaktornál:

- Aszkorbinsav- kiegészítés (A): 0,15% (alsó határ:0,0%, felső határ 0,3%)
- Refrakció (B): 15% (alsó határ:10% , felső határ: 20%)
- Nyomáskezelések szintje (C): 500 MPa (alsó határ:400MPa, felső határ: 600MPa)
- Nyomáskezelések időtartama (D): 12,5 perc (alsó határ:5 perc , felső határ: 20 perc)

A 4 faktorra felírható válaszfüggvény:

$$R_{(A,B,C,D)} = M + \beta_A * A + \beta_B * B + \beta_C * C + \beta_D * D + \beta_{AB} * A * B + \beta_{AC} * A * C + \beta_{AD} * A * D + \beta_{BC} * B * C + \beta_{BD} * B * D + \beta_{CD} * C * D$$

ahol:

- M: átlagos hatás (Intercept)
- $\beta_A, \beta_B, \beta_C, \beta_D$: a faktorok főhatásait leíró β -koefficiensek
- A,B,C,D: a faktorok
- $\beta_{AB}, \beta_{AC}, \beta_{AD}, \beta_{BC}, \beta_{BD}, \beta_{CD}$: a faktorok páronkénti kölcsönhatásainak (interakciók) β -koefficiensei

A válaszfüggvény (predikció) és az elvégzett mérések eredménye közötti különbség a kocka csúcsaiban a reziduálisok. Ha 2 függvényt egymáson ábrázoljuk, megtudhatjuk, mennyire illeszkedik pontosan az illesztett (válaszfüggvény) a mért adatokra.

A 2ⁿ típusú teljes faktoriális kísérleti tervhez felhasználtam a 4. táblázat mérési eredményeit, melyeket az **7. táblázatban** feltüntetett adatokkal (centrumpont) egészítettem ki.

7. táblázat Szamócalé antocianin tartalmának vizsgálati eredményei a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés és a 20°C-os 21 napos tárolás után (a 4. táblázat adatait kiegészítő mérés eredményei)

Aszkorbinsav hozzáadás (%)	Refrakció (%)	Nyomás (MPa)	Idő (perc)	0. nap		21. nap	
				Kód	Ant. tart (mg/kg)	Kód	Ant. tart (mg/kg)
0,15	15	0	0	A ₀	261,51	-	-
0,15	15	500	12,5	A ₁	211,05	A ₂	110,02
0,15	15	500	12,5	A ₁	210,21	A ₂	113,19
0,15	15	500	12,5	A ₁	214,31	A ₂	112,18

A 4 faktor főhatásainak és egymás kölcsönhatásainak az eredményeit a **8. táblázat** szemlélteti. A *kezelések utáni modell* illeszkedését vizsgálva a **16. ábrán (fent)** látható, hogy a mért és számított adatok közötti korreláció érték mindössze $r^2=0,76$. Az illesztés jóságának megítéléséhez a 16. ábrán a korreláció érték mellett feltüntettem a meredekség értéket (mely ideális esetben 1, itt azonban 0,6), a tengelymetszet értékét (mely a tökéletes 0 helyett itt 0,39), és a kalibrációs hiba értékét (mely szintén nem nulla). Látható, hogy ezek az értékek helyenként nagy eltérést mutatnak az elvárt ideális értékektől, de a döntő ítéletet mégis a modellre vonatkozó szignifikancia szint mondja ki, mely a 8. táblázat szerint erősen messze van attól, hogy szignifikánsnak tekinthessük ($p=0,4037$). A faktorok hatásának megítélésekor a 8. táblázatból látható, hogy egyedül a hozzáadott aszkorbinsav rendelkezett szignifikáns hatással ($p=0,033$). Szignifikáns faktor esetében fontos a β -koefficiens értéke is, mert ez utal arra, hogy milyen előjelű változás várható a faktor megváltoztatásakor. A pozitív előjelű β -koefficiens miatt elmondható, hogy az aszkorbinsav-kiegészítés jótékony hatással volt a számócalé minták maradék antocianin-tartalmára, mivel a növekvő aszkorbinsav-tartalom nagyobb mennyiségű antocianint őrzött meg. A többi faktor és kölcsönhatásaik nem befolyásolták szignifikánsan a változásokat.

8. táblázat A 2^n típusú teljes faktoriális kísérleti terv statisztikai eredményei

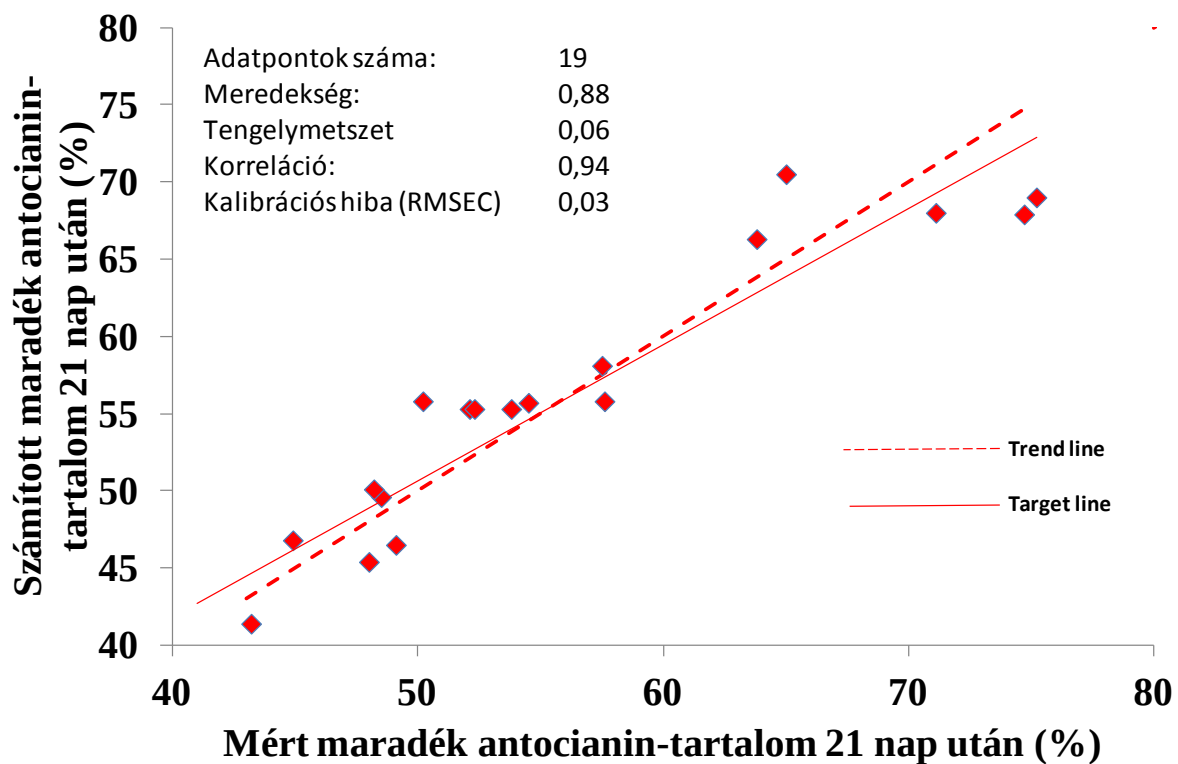
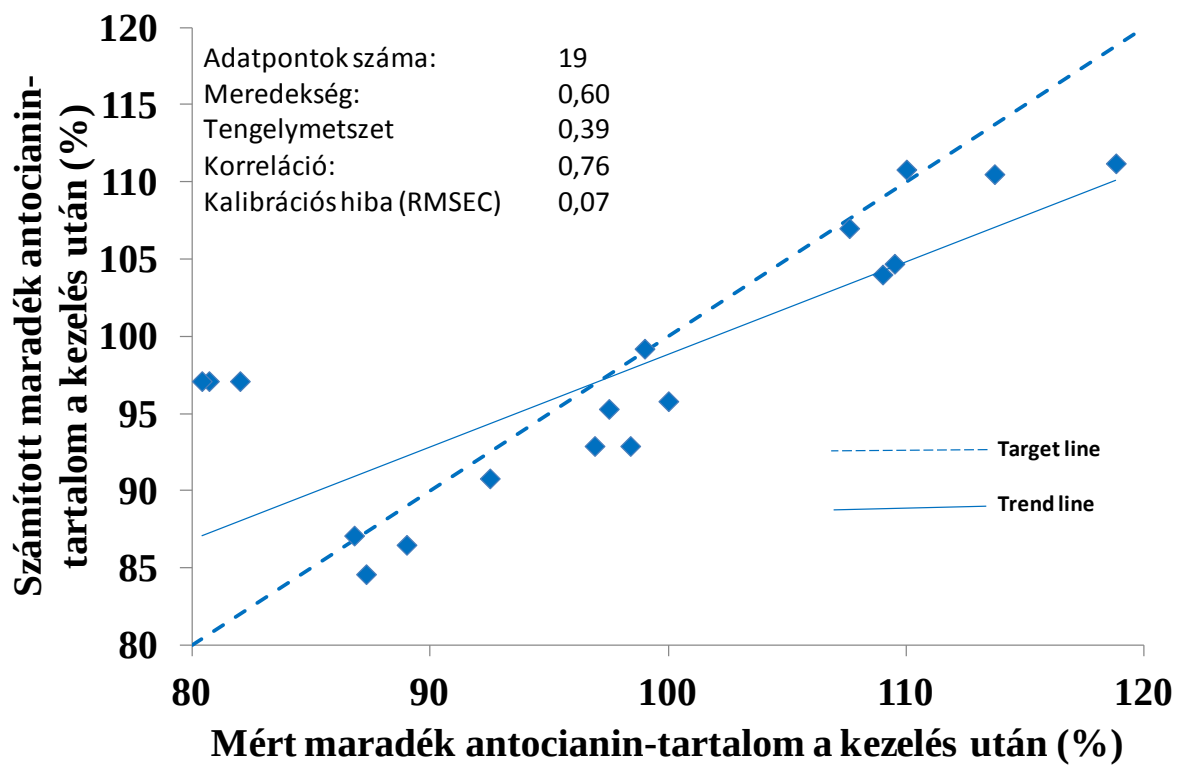
Hatások és kölcsönhatások	Nyomáskezelések után (A_1/A_0)		21 napos tárolás után (A_2/A_1)	
	p-érték	B-koefficiens	p-érték	B-koefficiens
Model	0,4037	-	0,009	-
Intercept	0	0,971	0	0,553
Aszkorbinsav (A)	0,033	0,482	0,0087	-0,303
Refrakció (B)	0,7828	-0,0016	0,0035	0,0108
Nyomás (C)	0,8537	-0,0000535	0,0728	0,000272
Idő (D)	0,6112	-0,00198	0,1844	0,00255
AB	0,2703	-0,0296	0,0556	-0,0262
AC	0,2877	0,0284	0,0807	0,0234
AD	0,5541	-0,0154	0,0145	0,0364
BC	0,9727	0,000882	0,4703	0,00889
BD	0,2035	0-0,0346	0,0406	0,0286
CD	0,8669	-0,00432	0,8608	0,00212

A 21 napos tárolást követően eredményeket vizsgálva már az látható (**16. ábra, lent**), hogy az illesztett modell szignifikánsnak tekinthető ($p=0,009$). A mért és számított adatok között számított korrelációs együttható értéke is jelentősen megnövekedett ($r^2=0,939$), illetve az illesztett lineáris összefüggés is jobban megközelítette az elvárt 1-es együtthatójú meredekséget és a nulla értékű

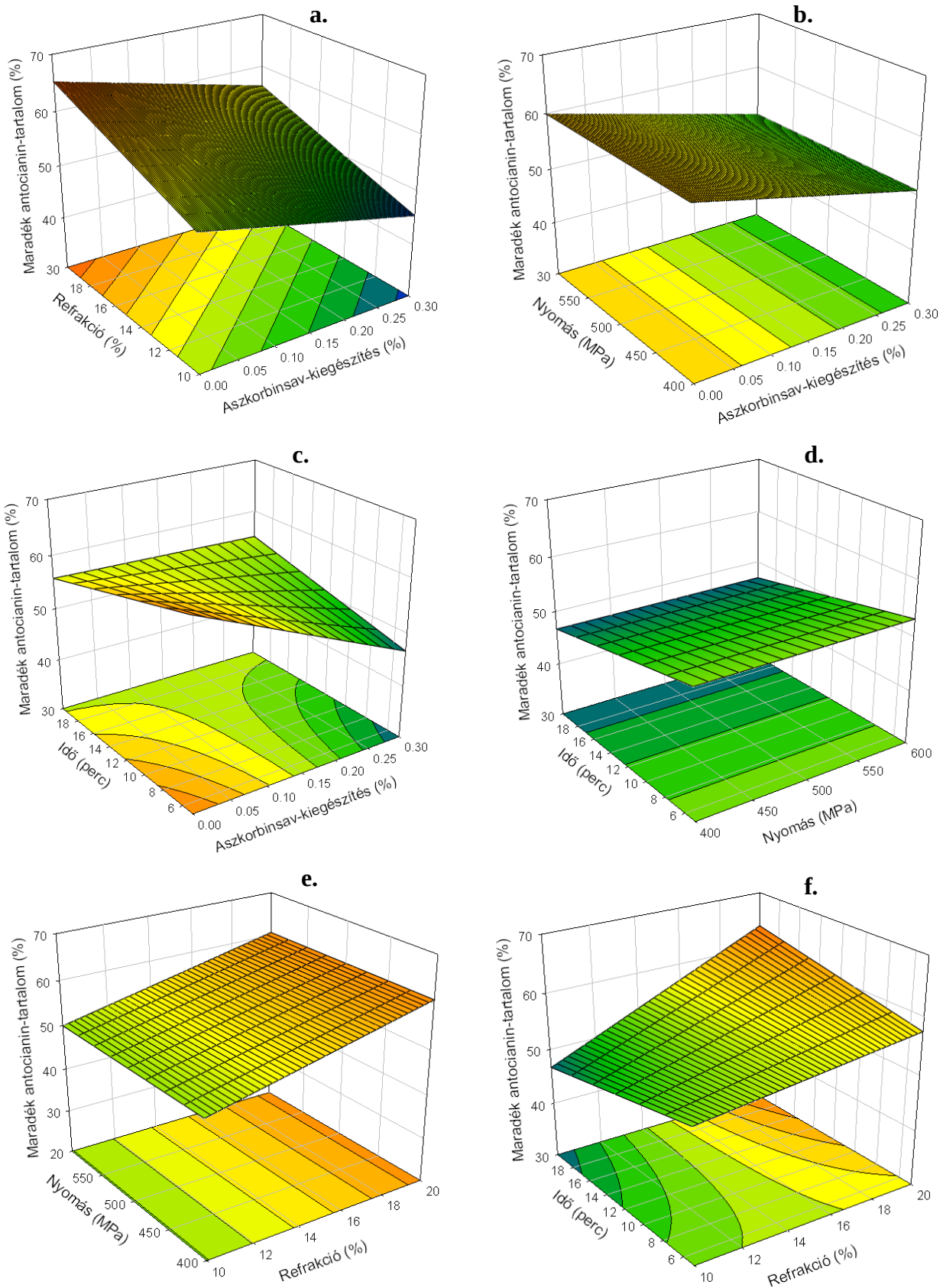
tengelymetszetet. A kalibrációs hiba is lecsökkent 0,03%-ra. A főhatásokat tekintve a hozzáadott aszkorbinsav hatása a legérdekesebb. A hatása ugyanis szignifikáns ($p=0,0087$), azonban a β -koefficiense negatív ($-0,303$), vagyis a kezelések hatásvizsgálatának eredményeivel ellentétben a tárolás során negatív hatással volt az antocianin tartalom megőrzésére. Ez dominál a cukor és aszkorbinsav együttes hatását vizsgálva is (AB), mely igen közel áll ahhoz, hogy már szignifikánsnak nevezhessük ($p=0,06$). Ehhez hasonló eredményeket találtak a hozzáadott aszkorbinsav tárolás során bekövetkező negatív hatásában [Cao és munkatársai \(2012\)](#) is, akik az aszkorbinsav és antocianin tartalom csökkenése között $r=0,923$ és $r=0,954$ korrelációt találtak rostos számócalé, ill. $r=0,882$ és $r=0,967$ rost nélküli számócalé 4 és 25°C-os tárolása esetében. [Torres és munkatársai \(2011\)](#) az aszkorbinsav és a cianid-3-glükózid között találtak összefüggést vérnarancs lében, miszerint 4 és 20°C-os tárolásnál ez $r=0,79$ és $r=0,9$ volt. jelezve az erős egymásra hatást a hűtve tárolás folyamán. Az én vizsgálatomnál a főhatások közül az aszkorbinsav-kiegészítésen kívül csak a cukor-kiegészítésnek volt szignifikáns hatása pozitív előjelű β -koefficienssel ($p=0,0035$, B-koef.= $0,0108$), bár megemlíteném, hogy a nyomáskezelés hatása is csak egy hajszálnyival marad el ($p=0,07$) a statisztikailag igazolt szinttől. A kölcsönhatásokat vizsgálva a hozzáadott aszkorbinsav és a nyomáskezelési idő együttesen, illetve a cukor-kiegészítés és a nyomáskezelési idő kölcsönhatásában volt kimutatható szignifikáns hatás. Így a 21 nap alatt bekövetkező antocianin-tartalom becslésére a következő összefüggés írható fel:

$$R_{(\text{aszkorbinsav, cukor, nyomás, idő})} = 0,553 + 0,0087 \cdot \text{Aszkorbinsav} + 0,0035 \cdot \text{Refrakció} + 0,0145 \\ \cdot \text{Aszkorbinsav} \cdot \text{Idő} + 0,0406 \cdot \text{Refrakció} \cdot \text{Idő}$$

A felírt összefüggéssel alkotott modell grafikus megjelenítését mutatja a **17. ábra**. Az egymással párhuzamos szintvonalakból lehet következtetni a nyomáskezelés szintjének elhanyagolható hatására (17 b., d., e. ábrák), illetve válaszfelület csavarodásából az interakciók jelenlétére (17. c. és f. ábrák).



16. ábra A 2ⁿ típusú kísérlettervvel felállított modellek alapján számított maradék antocianin-tartalmak illeszkedése az eredeti mérési adatokra (0 nap: fent, 21 nap: lent)



17. ábra A faktoriális kísérletterv szignifikáns hatásainak figyelembevételével felírt modell alapján bemutatott változások páronkénti összehasonlításban a vizsgált faktortér közepén (aszorbinsav-kiegészítés: 0,15%, refrakció: 15%, nyomás: 500 MPa, idő: 12,5 perc)

5. Következtetések

A nagy hidrosztatikus nyomáskezelések különböző szinteken (400MPa és 600MPa) történő elvégzése után megállapítható volt, hogy a nyomáskezelések szintje nem rendelkezik szignifikáns hatással a számócalevek antocianin tartalmának csökkenésében. Mivel a kezelt és kezeletlen minták antocianin-tartalmának arányait vizsgálva a kezelések után az antocianin-tartalom meghaladta a kezdeti 100%-ot is, és figyelembe vesszük, hogy ez a hibatartomány a 100% alatti eredményekre is igaz, kijelenthető, hogy a nagy hidrosztatikus nyomáskezeléseknek nem volt, vagy csak alig észrevehető mértékben hatása a számócalevek antocianin tartalmára.

Ez a megállapítás teljes mértékben igaz a kezelések időtartamának (5 perc és 20 perc) vizsgálatára is. Ha hosszabb időtartamig nyomáskezeltük a mintákat, az hasonló változásokat okozott a számócalevek antocianin-tartalmának csökkenésében, mint a rövidebb kezelési idő.

A cukor-kiegészítések vizsgálatakor (10% és 20% refrakció) mindezek szintén megállapíthatóak voltak, miszerint a cukor-kiegészítések sem rendelkeztek igazán számottevő hatással az antocianin tartalom változásában.

A hozzáadott aszkorbinsav (0,3%) mindezekhez képest már sokkal jobban befolyásolta az eredményeket. Majd minden esetben megfigyelhető volt, hogy a magasabb aszkorbinsav tartalmú mintákban a kezelések után magasabb maradt az antocianin tartalom is. Ezt a statisztikai elemzés is szignifikáns mértékűnek mutatta. Így megállapítható, hogy a számócalevek esetében az aszkorbinsavaknak egyfajta védő szerepe lehet a kezdeti antocianin tartalom megőrzésében a nyomáskezelések során.

A 21 napos, 20°C-on történő tárolást követően a minták antocianin-tartalma jelentősen, sok esetben a kezdeti antocianin tartalomhoz képest közel a felére csökkent. A nyomáskezelések szintje ill. időtartama, valamint a cukor-kiegészítések a statisztikai vizsgálatok alapján nem rendelkeztek szignifikáns hatással ezekben a változásokban, ellentétben a hozzáadott aszkorbinsavval. Érdekes módon a tárolások folyamán a hozzáadott aszkorbinsav szignifikánsan csökkentette a számócalevek kezelések után megmaradt antocianin tartalmát.

A fentebb említett befolyásoló tényezők együttes hatását elemezve arra a következtetésre jutottam, hogy a nagynyomásos kezelések során a legkevésbé a nyomáskezelések és a hozzáadott aszkorbinsav párosítása rendelkezett a legkisebb hatással a kezdeti antocianin tartalom megőrzésében, a befolyásoló tényezők együttes hatását vizsgálva az összes többi párosítása valamelyest jobban befolyásolta az antocianin tartalom csökkenését, de egyik esetben sem szignifikáns mértékben.

A 21 napos, 20°C-os tárolás folyamán a kölcsönhatásokat vizsgálva, a hozzáadott aszkorbinsav és a nyomáskezelési idő együttesen szintén szignifikánsnak tekinthető, továbbá érdekes módon a cukor-kiegészítés és a nyomáskezelési idő együttes hatása mutatott pozitív hatást az antocianin tartalom megőrzésében.

6. Összefoglalás

A bogyósgyümölcsök, azon belül is a szamóca kiemelkedő mennyiségeket tartalmaz az olyan jótékony hatású antioxidáns jellegű vegyületekből, melyek megvédik szervezetünk egészségét a különböző stressz hatások következtében keletkező veszélyes szabad gyököktől és segítik immunrendszerünk megfelelő működését. A szamócában igen nagy mennyiségben találhatunk flavonoidokat, azokon belül is antocianinokat, melyek antioxidáns szereppel rendelkeznek, és hatékonyan vesznek részt a szabadgyökök semlegesítésében. Ezek sajnos igen érzékeny vegyületek, könnyen elvesztik stabilitásukat a feldolgozás és a tárolás során a különböző környezeti tényezők hatására (pl. magas hőmérséklet, pH, UV-sugárzás), mely a szamócában az antocianin tartalom csökkenésével jár. Emellett az új kutatási eredmények is igen ellentmondóak egymásnak, melyek szerint az aszkorbinsavtartalom, ill. a cukortartalom mennyisége is jelentősen befolyásolhatja az antocianin tartalmat. Így a hagyományos hőkezeléses feldolgozás, mely során számos esetben alkalmaznak nagyobb cukormennyiséget és kis mennyiségben aszkorbinsavat is a tartósításhoz, nagy mértékben előidézheti az antocianinok degradációját, így a szamóca elveszti értékes antioxidáns hatását, emellett az antocianinok erőteljesen barnulásnak indulnak, mely során a termék elveszti kívánatos külső megjelenését. Ugyanakkor az új fogyasztói elvárásokat leginkább az jellemzi, hogy a feldolgozott termékek íze, színe, textúrája minél jobban a friss gyümölcs jellegzetességeivel rendelkezzen. Ezáltal az újfajta kíméletes feldolgozási technológiák alkalmazása ezen a területen számos sikert eredményezhet. Ezekben belül is a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés egy lehetséges megoldást nyújthat a fentebb említett problémákra, mivel megtartja az eredeti frissességet, aromát, ízt és az antocianin-tartalmat, amely leginkább befolyásolja a színezetbeli kellemes élénkpiros megjelenést, csak igen csekély mértékben befolyásolja. A nagynyomásos technológiát még csak alig néhány évtizede alkalmazzák kereskedelmi forgalomba kerülő termékek gyártására, még számos kutatást igényel a technológia, de az eredmények biztatóak.

Éppen ezért kutatásaim során legfőbb célom volt, hogy megvizsgáljam a nagy hidrosztatikus nyomás különböző szintű alkalmazásának hatását a szamócalevek antocianin tartalmára, emellett azt, hogy a kezelések időtartama milyen hatással rendelkezhet a kezelések és a tárolás során. Mindezek során még glükózzal történő cukor-kiegészítést illetve aszkorbinsav hozzáadást végeztem, hogy megállapítsam, ezek milyen mértékben és milyen hatással lehetnek a szamócalevek antocianin tartalmára a nagynyomásos kezelések és a 20°C-on történő tárolás során.

A kísérleteimhez hűtőházból származó gyorsfagyasztott szamócát használtam fel. A szamóca felengedtetése szobahőmérsékleten történt, majd passzírozó géppel pürét állítottam elő belőlük. Hogy a rostok között megmaradó oxigéntartalom ne befolyásolhassa az antocianin tartalmat, a

püréket 20 percig, 1000 rpm fordulatszámon, 4°C-on kétszer lecentrifugáltam. Ezek utána az egyes mintákat 10% 20% refrakcióra egészítettem ki glükózzal, ill. 0,3 % aszkorbinsavval tömeghez viszonyítva. Műanyag fóliából készített tasakokba helyeztem a mintákat, minden tasakba kb. 20 ml-t, majd a fóliatasakokat lehegesztettem biztosítva a levegő kizárását. A műanyag tasakokba töltött számcápüréket RESATO FPU 100-2000 nagy hidrosztatikus nyomású berendezésben kezeltem 400MPa és 600MPa nyomásértékeken 5 és 20 percig. Az antocianin tartalom meghatározást a sósavas extrakciót követő abszorbancia-méréssel végeztem.

Közvetlenül a kezelések után végzett vizsgálatok alapján azt tapasztaltam, hogy a számcálek antocianin tartalma csökkent, de nem jelentős mértékben. Az alkalmazott kezelési szintek és a kezelések időtartama sem változtattak jelentős mértékben az antocianin tartalomra. A cukor-kiegészítés hatása szintén nem nevezhető igazán jelentős változásnak. A hozzáadott aszkorbinsav vizsgálatok során azonban már kimutatható volt, hogy az jelentős mértékben egyfajta védő szereppel rendelkezik az antocianin-tartalomra.

A három hetes 20°C-on történő tárolást követően az aszkorbinsav tartalom közel a kezelés utánihoz a felére csökkent. Azonban mindössze a hozzáadott aszkorbinsav volt jelentős befolyással az antocianin-tartalomra, és érdekes módon, szemben a kezelések alatt mutatott védő szerepével, a tárolások során az antocianin tartalom jelentős csökkenéséhez járult hozzá. A kezelés szintje, időtartama és a cukor-kiegészítés nem befolyásolták jelentősen az antocianin tartalmat a tárolások során sem.

Azt vizsgálva, hogy a különböző befolyásoló tényezők együttesen hogyan hatnak az antocianin tartalomra a kezelések során, megállapítható volt, hogy a magasabb nyomáskezelések és a hozzáadott aszkorbinsav együttes alkalmazása csökkentheti a legkevésbé a számcálek antocianin tartalmát. Tárolás során is ugyanez az együttes kölcsönhatás védheti meg leginkább az antocianinokat, ill a hosszabb nyomáskezelési időtartam alkalmazása, emellett a nagyobb cukortartalom együttesen lehet a leginkább védő hatású az antocianinok tekintetében.

Irodalomjegyzék

- ANDERSEN, O. M., JORDHEIM, M. (2006): The anthocyanins. In O. M. Andersen K. R., Markham (Eds.), *Flavonoids* (2nd ed.). *Chemistry, biochemistry and applications*, Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 452–471.
- BABICZ, SZ. (2002): Minőségi számócatermesztés gazdaságosan, Mezőgazda Kiadó, Budapest, p. 168.
- BALASUBRAMANIAM, V.M., FARKAS, D., TUREK, E. J. (2008): Preserving foods through high-pressure processing. *Food Technology*, 62(11), pp. 32–38.
- BLUMBERG, J. (2003): Dietary antioxidants of fruits and vegetables in prevention of chronic diseases. *Horticultural Science*, 38 (5), p. 771.
- BODELÓN, O.G., AVIZCURI, J.M., FERNÁNDEZ-ZURBANO, P., DIZY, M., PRÉSTAMO, G. (2012): Pressurization and cold storage of strawberry purée: colour, anthocyanins, ascorbic acid and pectin methylesterase, *LWT - Food Science and Technology*, 10.1016/j.lwt.2012.08.025.
- CAO, X., BI, X., HUANG, W., WU, J., HU, X., LIAO, X. (2012): Changes of quality of high hydrostatic pressure processed cloudy and clear strawberry juices during storage, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, doi:10.1016/j.ifset.2012.05.008, 10-20):
- CAO, X.M., ZHANG, Y., ZHANG, F. S., WANG, Y. T., YI, J. Y., LIAO, X. J. (2011): Effects of high hydrostatic pressure on enzymes, phenolic compounds, anthocyanins, polymeric color and color of strawberry pulps. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91 (5), pp. 877–885
- CHEFTEL, J. C. (1995): Review: high pressure, microbial inactivation and food preservation. *Food Science and Technology International*, 1(2-3), pp.75–90.
- CHEN, Z. Y., CHAN, P. T., HO, K. Y., FUNG, K. P., WANG, J. (1996): ANTIOXIDANT ACTIVITY OF natural flavonoids is governed by number and location of their aromatic hydroxyl groups. *Chemistry and Physics of Lipids*, 79(2), 157–163.
- CHISARI, M, BARBAGALLO, R. N., SPAGNA, G. (2007): Characterization of polyphenol oxidase and peroxidase and influence on browning of cold stored strawberry fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(9), pp. 3469–3476.
- CLIFFORD, M. N. (2000): Anthocyanins – nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), pp. 1063–1072.
- DALMADI I., FARKAS J. (2006): Gyümölcskészítmények tartósítása nagy hidrosztatikus nyomással. *Élelmezési Ipar*, LX, (12), pp. 262-264.

- DALMADI, I. (2009): Hőkezeléssel és nagy hidrosztatikus nyomáskezeléssel pasztörözött bogyósgyümölcs-pürék minőségi jellemzőinek alakulása a tárolási idő függvényében, *PhD disszertáció*, Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Doktori Iskola, p.139.
- DARAVINGAS, G., CAIN, R. F. (1968): Thermal degradation of black raspberry anthocyanin pigments in model systems. *Journal of Food Science*, 33(2), pp. 138–142.
- DE ROSSO, V.V., MERCADANTE, A.Z. (2007): The high ascorbic acid content is the main cause of the low stability of anthocyanin extracts from acerola. *Food Chemistry*, 103(3), pp. 935–943.
- DEDE, S., ALPAS, H., BAYINDIRLI, A. (2007): High hydrostatic pressure treatment and storage of carrots and juices: Antioxidant activity and microbial safety. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(5), pp.773–872.
- DELIZA, R., ROSENTHAL, A., ABADIO, F.B.D., SILVA, C.H.O., CASTILLO, C. (2005): Application of high pressure technology in the fruit juice processing: ~~high~~ perceived by consumers, *Journal of Food Engineering* 67(1-2), pp. 241–246.
- DYRBY, M., WESTERGAARD, N., STAPELFELDT, H. (2001): Light and heat sensitivity of red cabbage extract in soft drink model systems. *Food Chemistry*, 72(4), pp. 431–437.
- ELEK, M., SALAMON, B. (2010): Nagy hidrosztatikus nyomással kezelt szamócapürék színtabilitásának vizsgálata, *TDK dolgozat*, MÉTE XVIII. OTDK, Szeged, 2010 május 6.
- ERLANDSON, J. A., WROLSTAD, R. E. (1972): Degradation of anthocyanins at limited water concentration. *Journal of Food Science*, 37(4), pp. 592–595.
- FARKAS, D. F., HOOVER, D. G. (2000): High pressure processing. *Journal of Food Science*, 65 (4), pp. 47–64.
- FRAEYE, I., KNOCKAERT, G., VAN BUGGENHOUT, S., DUVETTER, T., HENDRICKX, M., VAN LOEY, A. (2010): Enzyme infusion prior to thermal/high pressure processing of strawberries: mechanistic insight into firmness evolution. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11(1), pp. 23-31.
- GARCIA-VIGUERA, C., BRIDLE, P. (1999): Influence of structure of colour stability of anthocyanins and flavylum salts with ascorbic acid. *Food Chemistry*, 64(1), pp. 21–26.
- 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), pp.1288–1299.

- GIMENEZ, J., KAJDA, P., MARGOMENOU, L., PIGGOTT, J. R., ZABETAKIS, I. (2001): A study on the color and sensory attributes of high-hydrostatic-pressure jams as compared with traditional jams. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(13), pp.1228–1234.
- HANNUM, S.M. (2004): Potential impact of strawberries on human health: a review of the science. *Critical reviews in food science and nutrition*. 44 (1) pp. 1-17.
- HAYAKAWA, I., KANNO, T., TOMITA, M., FUJIO, Y. (1994): Application of high pressure for spore inactivation and protein denaturation. *Journal of Food Science*. 59(1), pp.159– 163.
- HEINONEN, I. M., MEYER, A. S., FRANKEL, E. N. (1998): Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10), pp. 4107–4112.
- HUBBERMANN, E. M., HEINS, A., STOCKMANN, H., SCHWARZ, K. (2006): Influence of acids, salt, sugars and hydrocolloids on the colour stability of anthocyanin rich black currant and elderberry concentrates. *European Food Research and Technology*, 223(1), pp.83–90.
- IVERSEN, C. K. (1999): Black currant nectar: effect of processing and storage on anthocyanin and ascorbic acid content. *Journal of Food Science*, 64(1), pp.37–41.
- JURD, L. (1972): Some advances in the chemistry of anthocyanin type plant pigments. In C. O. Chichester (Ed.), *The chemistry of plant pigments*, New York, NY: Academic Press. pp.123–191.
- 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), pp.187–198
- KAMEI, H., KOJIMA, T., HASEGAWA, M., KOIDE, T., UMEDA, T., YUKAWA, T., TERABE, K.: (1995): Suppression of tumor cell growth by anthocyanins in vitro. *Cancer Investigation*, 13(6), pp.590–594.
- KAUR, C., KAPOOR, H. C. (2001): Antioxidants in fruits and vegetables. The millennium's health. *International Journal of Food Science and Technology*, 36(7), pp.703–725.
- KNORR, D., FROEHLING, A., JAEGER, H., REINEKE, K., SCHLUETER, O., SCHOESSLER, K. (2011): Emerging Technologies in Food Processing.. *Annual Review of Food Science and Technology*, 2, pp. 203-235.
- KONCZ, K., PÁSZTORNÉ, H. K., DALMADI, I (2007): Nagy hidrosztatikus nyomás élelmiszer-ipari alkalmazása, In: BALLA, CS., SIRÓ I. (Szerk): *Élelmiszer-biztonság és-minőség II*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp.124-132.

- KÜRTI, A., KÁLLAY, T. (2007): A magyar gyümölcsfogyasztás alakulása az utóbbi években. *Kertgazdaság*, 39(1) pp.83-88.
- LOPEZ-SERRANO, M. L., BARCELO, A. R. (2002). Comparative study of the products of the peroxidase-catalyzed and the polyphenoloxidase-catalyzed (+)-catechin oxidation. their possible implications in strawberry (*Fragaria×ananassa*) browning reactions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(5), pp.1218–1224.
- LUDI KHUYZE, L., VAN LOEY, A., INDRAWATI, HENDRICKX, M. (2001): Combined high pressure thermal treatment of foods. In: RICHARDSON, P. (ed): *Thermal technologies of food processing*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK, 312. p.
- MALIEN-AUBERT, C., DANGLES, O., & AMIOT, M. J. (2001): Color stability of commercial anthocyanin-based extract in relation to phenolic composition. Protective effects by intra- and intermolecular copigmentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(1), pp.170–176.
- MARKAKIS, P. (1982): Stability of anthocyanins in foods. In P. Markakis (Ed.), *Anthocyanins as food colors* New York: Academic Press. pp.163–180.
- MARKAKIS, P., LIVINGSTON, G. E., FELLERS, C. R. (1957): Quantitative aspects of strawberry-pigment degradation. *Food Research*, 22(2), pp.117–130.
- MAZZA, G., MINIATI, E. (1993): Anthocyanins in fruits, vegetables and grains. Boca Raton, FL: CRC Press Inc. 343. p.
- MERMELSTEIN, N.H. (1998): High Pressure Processing Begins, *Food Technology*, 56(6) pp.104-106.
- OEY, I., LILLE, M., VAN LOEY, A., HENDRICKX, M. (2008): Effect of high pressure processing on colour, texture and flavour of fruit and vegetable-based food products: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 19(6), pp.320–328.
- PAPP, J., PORPÁČZY A. (1999): Szamóca, málna. *Bogyósgyümölcsűek I.* Második kiadás, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 231. p.
- PATRAS, A., BRUNTON, N. P., DA PIEVE, S., BUTLER, F. (2009): Impact of high pressure processing on antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid and anthocyanins of blackberry and strawberry puree. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(3), pp.308–313.
- PATRAS, A., BRUNTON, N. P., O'DONNELL, 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), pp.3–11.

- RABABAH, T. M., EREIFEJ, K. I., HOWARD, L. (2005): Effect of ascorbic acid and dehydration on concentrations of total phenolics, antioxidant capacity, anthocyanins, and color in fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(11), pp.4444–4447.
- REIN, M. (2005): Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins. *PhD thesis*, Helsinki: University of Helsinki. pp. 10–14.
- RICE-EVANS, C. A., MILLER, N. J., PAGANGA, G. (1996): Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*, 20(7), pp.933–956.
- SALAMON, B. (2010): Különböző hőmérsékleteken tárolt, nagy hidrosztatikus nyomással kezelt szamócapürék színváltozásának vizsgálata. *Élelmiszer Tudomány Technológia*, LXV. (1), pp. 14-17.
- SANCHO, F., LAMBERT, Y., DEMAZEAU, G., LARGETEAU, A., BOUVIER, J. M., NARBONNE, J. F. (1999): Effect of ultra-high hydrostatic pressure on hydrosoluble vitamins. *Journal of Food Engineering*, 39(3), pp.247–253.
- SMELT, J.P., HELLEMONS, J.C., PATTERSON, M. (2002): Effects of high pressure on vegetative microorganisms. 55-76. p. In: HENDRICKX, M.E.G., KNORR, D (eds): *Ultra high pressure treatments of foods*. New York, Kluwer Academic/ Plenum Publishers, 340. p.
- TAN, X. Y. (2011): Effects of high hydrostatic pressure processing on microbial inactivation, endoenzymes and qualities of peach juice. Beijing: China Agriculture University, *PhD degree thesis*
- TARUSCIO, T. G., BARNEY, D. L., EXON, J. (2004): Content and profile of flavanoid and phenolic acid compounds in conjunction with the antioxidant capacity for a variety of northwest vaccinium berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(10), pp.3169–3176.
- TIWARI, B., O'DONNELL, C., PATRAS, A., BRUNTON, N., CULLEN, P. (2009): Stability of anthocyanins and ascorbic acid in sonicated strawberry juice during storage. *European Food Research and Technology*, 228(5), pp.717–724.
- TORRES, B., TIWARI, B. K., PATRAS, A., CULLEN, P. J., BRUNTON, N., O'DONNELL, C. P. (2011): Stability of anthocyanins and ascorbic acid of high pressure processed blood orange juice during storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12(2), pp.93–97.
- TSAI, P.-J., HSIEH, Y.-Y., HUANG, T.-C. (2004): Effect of sugar on anthocyanin degradation and water mobility in a roselle anthocyanin model system using ¹⁷O NMR. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(10), pp.3097–3099.

- 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), pp.5677–5684.
- WATANABE, Y., FANG, X., ADACHI, S., FUKAMI, H., MATSUNO, R. (2004): Oxidation of 6- O-arachidonoyl L-ascorbate microencapsulated with a polysaccharide by spraydrying. *LWT - Food Science and Technology*, 37(4), pp.395-400.
- 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), pp.423– 428.
- 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), pp.1064–1065.
- WU, X., BEECHER, G.R, HOLDEN,J.M., HAYTOWITZ., D.B., GEBHARDT., S.E., RONALD., L. P. (2006): Concentrations of Anthocyanins in Common Foods in the United States and Estimation of Normal Consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(11), pp.4069-4075
- ZABETAKIS, I., KOULENTIANOS, A., ORRUNÄ, E., BOYES, I. (2000): The effect of high hydrostatic pressure on strawberry flavor compounds. *Food Chemistry*, 71(1), pp.51–55.
- ZABETAKIS, I., LECLERC, D., KAJDA, P. (2000): The effect of high hydrostatic pressure on the strawberry anthocyanins. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48(7), pp.2749–2754.
- ZHANG, Y., VAREED, S.K., NAIR, M.G. (2005): Human tumor cell growth inhibition by nontoxic anthocyanidins, the pigment sin fruits and vegetables. *Life Sciences*, 76 (13) pp.1465-1472.
- ZHENG, Y.,WANG, Y. S.,WANG, Y. C., ZHENG,W. (2007): Changes in strawberry phenolics, anthocyanins and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie — Food Science and Technology*, 40(1), pp.49–57.
- ZHOU, L. Y., WANG, Y. Y., LIAO, X. J. (2009): Effect of high pressure carbon dioxide on the quality of carrot juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(3), pp.321–327

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm témavezetőmnek, *Dr. Dalmadi Istvánnak* a kísérletek végrehajtásához, az eredmények értékeléséhez és a dolgozat megírásához nyújtott segítségét.

Köszönettel tartozom *Dr. Kun Szilárdnak* a számócalevek centrifugálásában való közreműködéséért.

A téma kidolgozása **TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005** és a **TÁMOP-4.2.2.B-10/1-2010-0023** projektek támogatásával valósult meg.