



Élelmiszertudományi Kar

**Hőkezeléssel és nagy hidrosztatikus nyomással
pasztőrözött bogyógyümölcs-pürék
minőségjellemzőinek alakulása a tárolási
hőmérséklet függvényében**

című

Doktori értekezés tézisei

Dalmadi István

**Budapesti Corvinus Egyetem
Élelmiszertudományi Kar
Hűtő- és Állattermék Technológiai Tanszék**

**Budapest
2009**

A doktori iskola

megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

tudományága: Élelmiszertudományok

vezetője: Dr. Fodor Péter,
egyetemi tanár, DSc
Budapesti Corvinus Egyetem

Témavezető: Dr. Farkas József
ny. egyetemi tanár, MHAS
Hűtő- és Állattermék Technológiai Tanszék
Élelmiszertudományi Kar
Budapesti Corvinus Egyetem

A doktori iskola- és a témavezető jóváhagyó aláírása:

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, a műhelyvita során elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.



.....
Az iskolavezető jóváhagyása



.....
A témavezető jóváhagyása

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

Az elmúlt évtizedek kutatási eredményei egyre inkább rávilágítanak a helyes táplálkozás – egészséges szervezet összefüggésre. Számptalan tudományos tény támasztja már alá, hogy a civilizált társadalmunkat veszélyeztető súlyos megbetegedésekkel szemben – a rák, a szív és érrendszeri megbetegedések – táplálkozásunk megfelelő átalakításával, nagyobb eséllyel vehetjük fel a versenyt.

A rohanó életvitelünk megváltoztatásán túl, mely magába foglalja a többlet mozgást és a mindennapjainkat megterhelő stresszhelyzetek kerülését, a kevesebb kalóriefogyasztással és a megemelt gyümölcs- és zöldségfogyasztással is sokat tehetünk egészségünkért. Az ismeretek bővülésével ma már túlléphetünk azokon a tapasztalati, népi hagyományokra épülő megfigyeléseken melyek a gyümölcsök és zöldségek jótékony hatására vonatkoznak. Újabb és újabb egészségvédő fitonutriensek válnak ismertté, illetve tisztázódnak a már ismert bioaktív komponensek hatásmechanizmusai. Csak példaként: szoros kapcsolatot mutattak ki a kis C-vitamin bevitel és a rákos megbetegedések között illetve bizonyították, hogy a szelén immunerősítő hatású. Ma már nem ismeretlen fogalom a szabadgyök vagy az antioxidáns kifejezés sem. A gyógyszeripar és a táplálék-kiegészítő szereket előállítók és forgalmazók számára komoly üzleti lehetőséget jelent az egészségre jótékony hatással lévő komponensek szintetikus előállítása és forgalmazása. Azonban kutatási eredmények hívják fel a figyelmet arra, hogy a szintetikus antioxidánsok tényleges fiziológiai szükséglet feletti mennyiségekben történő fogyasztása inkább káros, mint előnyös, hiszen prooxidánssá válva maguk is képesek az emberi szervezet biomolekuláit károsítani. Így inkább javasolható a természetes antioxidánsok fogyasztása a szintetikus szerekekkel szemben. Bioaktív komponenseket jelentős mennyiségben tartalmazó élelmi anyagaink a gyümölcsök, azon belül is egyes bogyógyümölcsök, tiszteletreméltó mennyiséget rejtnek magukban ezekből a természetes antioxidánsokból.

A szamóca a világ legelterjedtebb bogyógyümölcse. Részaránya az összes bogyógyümölcsből eléri a 60-65%-ot. C-vitamint, káliumot, kalciumot, vasat, foszfort nagy mennyiségben tartalmaz, továbbá jelentős az antioxidáns-kapacitással rendelkező antocianinok, flavonoidok s fenolos karbonsavak mennyisége is. Hasonlóan kedvező tulajdonságok említhetők a málnával kapcsolatban is, nagy C-, P- és B₉ vitamintartalmú gyümölcsünk. Nagy népszerűségüket mégsem ezeknek a tényeknek köszönhetik, hanem kiváló élvezeti értéküknek (sav-cukor arány, aroma és zamatanyagok jelenléte). Sajnos Magyarországon a 80-as évektől napjainkig csökkenő tendencia érvényesül a

számóca-termesztésben, amely a termesztés jövedelmezőségének csökkenésével, valamint a belföldi és exportértékesítési lehetőségek szűkülésével magyarázhatók. Ugyanez igaz a málnatermesztésünkre is, ami pedig sikerágazatnak számított az 1990-es évek elejéig. E tendencia megállítását netán megfordítását segítheti az a tény, hogy az elmúlt évtizedben az azonnal fogyasztható, tartósítószer nélküli, kémialetesen kezelt gyümölcsök és zöldségek fogyasztása gyorsan növekedett a fejlett országokban. Magyarországon is várható a fogyasztás ilyen irányú változása.

A kémialetesen feldolgozott termékek előállításakor ügyelni kell, hogy a termékeket olyan kezelési eljárásnak vessék alá, amely nem tartalmaz mesterséges anyagokat, az eltarthatóságot biztonságosan növeli, minimálisan hat az étel-miszer komplex tulajdonságaira, ezen belül leginkább az érzékszervi tulajdonságokra, valamint a tápanyag- és a vitaminellátottságra. A nagy hidrosztatikus nyomás-kezeléssel foglalkozó tanulmányok eredményei rendkívül biztatóak, s így ez a kezelés kiemelt kutatási területté vált. Ellentétben a hagyományos hőkezeléssel, ahol nemkívánatos változások kísérik a feldolgozást, a nagy hidrosztatikus nyomás jobban megőrizheti a szín- és aromaanyagokat valamint a vitaminokat. Amellett, hogy egyes termékek már kereskedelmi forgalomban megtalálhatók, igen jelentős kutatómunka szükséges még a technológia hatásmechanizmusának teljes felméréséhez, az alkalmazhatósági területek és a biztonságos étel-miszer-előállítás feltételeinek meghatározásához. Fontos, a nemzetközi szakirodalomban még kevésbé részletesen kutatott terület a kezelést követő tárolási időszak körülményeinek termékminőségre gyakorolt hatásának vizsgálata is.

Nem szabad elfelejteni, hogy a technológia beruházási költsége igen jelentős, így csak olyan termék esetén célszerű alkalmazni, amelynek árába beépíthető a nagyobb hozzáadott érték.

Távlatilag a nagy hidrosztatikus nyomású tartósítási technológia csak abban az esetben alkalmazható piacképes termék előállításához, ha jobb minőségű terméket lehet vele előállítani, mint a vele azonos pasztöröző hatású, de lényegesen kisebb beruházási igényű hőkezelés. Így célszerű komplex összehasonlító vizsgálatokban összevetni a két kezelés hatását. Az átfogóbb kép nyeréséhez szükséges mikrobiológiai, fizikai, kémiai és érzékszervi vizsgálatokat is elvégezni. Ugyanakkor önmagában kevés, ha az adott kezelés után közvetlenül a kiinduló állapothoz nagyon hasonló terméket kapunk, de a kezelést követő tárolás alatt a tárolási körülmények esetleg nagyobb mértékben megváltoztatják a termék egyes tulajdonságait. Tehát meg kell vizsgálni a kezelést követő tárolási időszak körülményeinek hatását. Mivel a kémialetesen kezelt termékeknél a frissesség megőrzése

céljából feláldozzuk a hosszú eltarthatóság esélyét, így elegendő viszonylag rövid tárolási periódus vizsgálata.

Mindezek alapján a következő kérdésekre kerestem a választ:

1. Mekkora mértékű nagy hidrosztatikus nyomású kezelés eredményez hőhatásmentesen mikrobiológiailag stabil szamóca- és málnapürét a viszonylag rövid idejű (4 hét) tárolási időszak alatt? Mekkora hőterhelés (hőkezelési hőmérséklet, -idő) tekinthető ezzel mikrobiológiai szempontból azonos pasztörözési szintnek?
2. Igazolható-e, hogy a nagy hidrosztatikai nyomású kezelés jobban megőrzi a szamócából és málnából készített gyümölcspürék érzékszervi tulajdonságait? Az esetleges különbségek kimutathatók-e érzékszervi bírálattal és műszeres vizsgálati módszerekkel?
3. Kevésbé csökkenti-e a szamócából és málnából készített gyümölcspürék biológiai aktivitását (C-vitamin-, összes fenol-, összes antocianin tartalom, antioxidáns-kapacitás) a nagy hidrosztatikus nyomású technológia, mint a vele azonos pasztöröző hatású hőkezelés?
4. Megjelennek-e különbségek, vagy fokozódnak-e a kezelések hatására kialakult különbségek a kezelést követő, különböző hőmérsékleteken végzett (5, 10 és 20°C), rövid idejű tárolás (4 hét) alatt? Eltarthatók-e a termékek szobahőmérsékleten?

2. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

Gyorsfagyasztott málnát és szamócát szobahőmérsékleten felengedtettem, majd passzírozó géppel pürét állítottam elő belőlük. A minták cukortartalmát kristálycukor hozzáadásával 20 ref.%-ra állítottam be, és a cukrozott pürét műanyag fiolákba töltöttem. A minták egy részét Armfield FT40 kevertetett termosztátban hőkezelttem 80°C 5 perces hőegyenértékig. A mintákat a hőkezelést befejeztével jeges vízben hűtöttem le. A minták másik részét "Food Lab900" nagy hidrosztatikus nyomású berendezésben kezeltem 600 MPa nyomáson 5 percig. A kezelés hőhatásmentességét külsőleg csatlakoztatott termosztátban 4°C-ra lehűtött víz keringtetésével biztosítottam. A tárolási körülmények (hőmérséklet, idő) hatásának vizsgálatához a különböző módon kezelt bogyópüréket három különböző hőmérsékleten (5, 10 és 20°C) tároltam 4 hétig. A különböző vizsgálatokhoz a 0., a 14. és a 28. napon vettem mintákat.

Mikrobiológiai vizsgálatok során vizsgáltam a minták összes élősejtszámát valamint élesztő- és penészszámát. Az összes élősejtszámot hagyományos lemezöntéses eljárással míg az élesztő- és penészszámot RBC agaron (Rose-bengal Chloramphenicol) felületi szélesztéssel

határoztam meg. A profilanalízis módszerével végzett **érzékszervi bírálatok** során a bírálóknak az érzékszervi tulajdonságokról strukturálatlan skálán történő jelölésekkel kellett a véleményt alkotniuk, míg a preferencia-vizsgálatnál a 4 érzékszervi tulajdonságra (szín, illat, íz, állomány) egyenként maximum 9 pontot adhattak. A pontszámokat Kramer-féle rangsorolós módszerrel értékeltem. A folyékony gyümölcspürék állományában bekövetkezett változásokat **rotációs viszkoziméterrel** vizsgáltam meg, és a mérési adatokra Ostwald-Waele modellt illesztettem. Az illékony komponensek műszeres vizsgálatát **elektronikus orral** végeztem (NST 3320, Applied Sensor Technology). A műszeresen mérhető ízjellemzőket α -ASTREE **elektronikus nyelv** rendszerrel (Alpha MOS, Toulouse) mértem. Az elektronikus orr és -nyelv adatokat diszkriminancia-analízissel (SPSS 11.0) dolgoztam fel. A **színmérést** reflexiós színmérésre alkalmas Minolta CR-200 típusú tristimulosos színmérő készülékkel végeztem. Két minta összehasonlításához a mért világossági tényező (L^*), a vörös-zöld színezet (a^*) és a sárga-kék színezet (b^*) alapján számított színíngert-különbséget (ΔE^*_{ab}) használtam. A bogyógyümölcs-pürék **összfenol-** és **antocianintartalmát** valamint az **antioxidáns kapacitását** spektrofotometriás módszerekkel határoztam meg. A minták **C-vitamin** tartalmát valamint az egyedi **antocianin és más flavonoid komponensek** meghatározását nagyfelbontású folyadékkromatográfiás módszerrel határoztam meg. A Marie Curie ösztöndíjprogram keretében a leuven-i Katolikus Egyetem Élelmiszertechnológiai Laboratóriumában számóca **polifenoloxidáz** enzim hő és nyomásinaktiválásának kinetikáját tanulmányoztam. Ezekhez a vizsgálatokhoz a számócát (*Fragaria ananassa*, cv *Elsanta*) érett állapotban a helyi bevásárló központban szereztem be. Az enzimkivonás és tisztítás során SERRADELL és munkatársai (2000) útmutatásait követtem néhány kisebb változtatással. Az enzimkivonást követően a számócából izolált PPO hőinaktiválásának kinetikai paramétereit (k , E_a) izotermikus inaktivációs kísérletsorozatban határoztam meg. Ekkor az enzimoldatot üvegapillárisokba töltöttem, majd 50-65°C hőmérsékleti tartományban különböző inkubációs idejű kezeléseket végeztem hőmérsékletszabályozóval ellátott vízfürdőben. A kezelt mintákat jeges vízben helyeztem el az aktivitásmérésig. A számócából izolált PPO kombinált hő- illetve nyomáskezelésének kinetikai paramétereit izoterm-izobar inaktivációs kísérletsorozatban határoztam meg a maradék enzimaktivitás mérésén keresztül. Valamennyi mérés a hőmérséklet-szabályozóval (-20 °C-tól 100 °C hőfokig) ellátott, nagynyomású (max. 1000 MPa) kezelésre alkalmas, többedényes készülékben történt (HPIU-10.000, Resato). A kezeléseket 100-750 MPa nyomástartományban és 10-65°C hőmérséklettartományban végeztem. A nyomáskezelési kísérletekhez flexibilis mikrotubusokat használtam. A kezeléseket követően a PPO aktivitást

spektrofotométeres eljárással határoztam meg. Az enzim hőinaktivációját leíró kétfázisú inaktivációs modell valamint a kombinált hő- és nyomás függést leíró módosított Hawley-modell kinetikai paramétereit nemlineáris regresszióval becsültem.

3. EREDMÉNYEK

A saját és a nemzetközi tanulmányok eredményei alapján megállapítható volt, hogy a hőhatásmentes 600MPa 5 perces HHP-kezelés és a 80°C 5 perces hőkezelés mikrobiológiai szempontból azonos pasztöröző hatásúnak tekinthető. Az alkalmazott kezelési szintek biztosították a cukrozott szamóca- és málnapüré minták mikrobiológiai stabilitását a kísérleti célkitűzésének megfelelő időtartam (4 hét) alatt szobahőmérsékletű tárolásnál is.

Az élelmiszerbiztonsági feltételek teljesülésekor a következő kérdés, milyenek az előállított termék érzékszervi tulajdonságai. A **közvetlenül a kezelés után** végzett érzékszervi vizsgálataim eredményei alapján megállapítható volt, hogy sem a HHP-kezelés sem a hőkezelés nem okozott markáns, kiugró eltéréseket a vizsgált szamóca- és málnapürék érzékszervi tulajdonságaiban, így az azonos pasztöröző hatás itt is igazolható volt. A műszeres vizsgálatok eredményei is megerősítették mindezt. A rotációs-viszkoziméterrel végzett állományvizsgálat szerint elhanyagolható mértékű volt a kezelések közvetlen hatása. Nem lehetett kimutatni jelentős különbséget a 0. napi kontroll, hőkezelt- és HHP-kezelt minták Ostwald-Waele modell alapján meghatározott konzisztencia-faktorai között. Az íz- és illatkaraktereket humán bírálatok mellett kémiai érzékelősorokkal (elektronikus orr, -nyelv) is vizsgáltam. Az érzékelősorok érzékenyebbek bizonyultak az emberi érzékelésnél, hiszen néhány esetben különbségek voltak megfigyelhetők a minták között már közvetlenül a kezelés után is. Az elektronikus orr határozottabban különítette el egymástól a kezeletlen, a hőkezelt és a nyomáskezelt mintákat egymástól, mint elektronikus nyelv. Mindkét műszernél és mindkét bogyógyümölcsnél a hő- és nyomáskezelt minták más-más karaktert mutattak, amire a többváltozós statisztikai módszerrel meghatározott diszkriminációs-térben egymáshoz és a kezeletlen mintához viszonyított helyzetükből következtethetünk. A bogyógyümölcs-püré-minták bioaktív komponens (antocianin-, összfenol-, C-vitamin-tartalom) változásait tekintve megállapítható, hogy a komponensek mennyiségei kis mértékben változtak a kezelések hatására (többnyire csökkentek), de jelentős mértékű változás a tárolás alatt történt.

A kezelések után a mintákat 5, 10 és 20°C-on **tároltam** 4 hétig. Már az érzékszervi tulajdonságok tárolás alatti változásai rámutattak arra, hogy a kéméletes eljárásokkal tartósított bogyógyümölcs-pürék nem tarthatók el szobahőmérsékleten annak ellenére, hogy mikrobiológiai szempontból elfogadhatóak voltak. Az érzékszervi tulajdonságok döntő

többségében a 20°C-on végzett tárolás jelentős változásokat idézett elő mind a szamóca- mind a málnapürében, függetlenül attól, hogy a 14-28 napos tárolást 80°C, 5 perc hőkezelés vagy 600 MPa, 5 perc nyomáskezelés előzte meg. Különbség mutatkozott a két bogyógyümölcs között a hűtve tárolt minták érzékszervi tulajdonságaira adott pontszámok alapján. A szamócánál a legtöbb pontszámot (pozitív fogyasztói fogadtatás) az 5 és 10°C-on tárolt HHP-kezelt minták kapták, majd ezt követték a hűtött hőkezelt minták pontszámai. Málnánál a tárolási hőmérséklet szerint különültek el a pontszámok, a legnagyobb pontszámokat – kezelési módtól függetlenül – a legkisebb hőmérsékleten tárolt minták kapták. Ez utal arra, hogy az alapanyagokra eltérő módon hatottak a kezelések és a tárolási körülmények, vagyis minden új alapanyagnál/terméknél külön-külön meg kell vizsgálni a kezelések és a tárolási körülmények hatásainak mértékét. A rotációs-viszkoziméterrel végzett állományvizsgálat eredményeiben azonos tendenciák voltak megfigyelhetők mindkét bogyógyümölcsnél a tárolás alatt. Míg a hőkezelt minták állományában sem a tárolási idő sem a tárolási hőmérséklet nem okozott különösebb változást, addig a HHP-kezelt minták viszkozitása a tárolási hőmérséklettől függően jelentős mértékben változott. Kisebb tárolási hőmérsékleten gélesebb állomány (nagyobb konzisztencia-faktor) volt megfigyelhető. A jelenség már a 14. tárolási napon tapasztalható volt, s nem változott a 28. napra. Az elektronikus orr és az elektronikus nyelv egyaránt alkalmas volt a különböző hőmérsékleten tárolt hőkezelt és nyomáskezelt minták megkülönböztetésére az egyes tárolási napokon. Az elkülönülések alapján az azonos ideig tárolt mintáknál a tartósítási műveletnek nagyobb hatása volt a műszeresen mérhető tulajdonságokra, mint a tárolási hőmérsékletnek. A különböző időpontokban végzett műszeres vizsgálatok adatait megbízhatóan az elektronikus orrnál vonhatjuk össze egy modellben. Az elektronikus orr szenzor-jelválaszai erősebb lineáris kapcsolatot mutattak az érzékszervi bírálat adataival a PLS-kalibráció során, mint az elektronikus nyelv szenzor-jelválaszai. A bogyógyümölcs-püré minták tristimulusos színmérés eredményei azt mutatták, hogy az L^* világossági tényező egyik vizsgált bogyógyümölcsnél sem változott lényegesen a tárolási idő előrehaladtával, ugyanakkor a piros (a^*) és a sárga (b^*) színezeti tényezők a tárolási hőmérséklettől függően csökkenést mutattak. A legnagyobb változást a szobahőmérsékleten tárolt minták mutatták s a legkisebbet az 5°C-on tárolták. A színínger-különbség (ΔE^*) értékek alapján megállapítható, hogy a tárolást megelőző kezelések csak néhány hűtve tárolt mintánál okoztak eltérést. A színváltozás dinamikája eltérő volt a két gyümölcsfajtánál. A bogyógyümölcs-püré minták bioaktív komponenseinek (antocianin-, összfenol-, C-vitamin-tartalom) tárolás alatti változásait tekintve megállapítható, hogy a tárolási hőmérsékletnek kitüntetett szerepe volt. A

szobahőmérsékleten tárolt mintákban rendkívül gyors csökkenés történt a hűtve tárolt mintákhoz képest. Ez megerősíti, hogy ezek a készítmények önmagukban nem polcállóak, szükség van a hűtlánc fenntartására. A hűtve tárolt minták között is különbség mutatkozott, de nem olyan jelentős mértékben, mint a 20°C-on tárolt mintánál. A mindhárom vizsgált komponens korrelált a műszeres színmérés a^* és b^* tényezőivel, ami megerősíti a közvetlen (pl. antocianin) vagy közvetett (pl. C-vitamin) hatást a bogyósgyümölcsök színére. A HPLC-s elválasztással meghatározott flavonoid-vegyületek közül az antocianinok csökkenő, a nem antocianin jellegű vegyületek eltérő változásokat mutattak a kezelés, a tárolási hőmérséklet és a tárolási idő hatására. A bioaktív komponensek erősebb – gyengébb korrelációt mutattak az antioxidáns kapacitással is. A legerősebb kapcsolatot az összes-fenol tartalom, a leggyengébbet az antocianin-tartalom mutatta. Valamennyi minta antioxidáns-kapacitása csökkent a tárolás alatt, viszont a tárolási hőmérséklettel szemben a kezelési módoknak volt fontosabb hatása. A HHP-kezelt mintákban nagyobb mértékben és gyorsabban csökkent antioxidáns-kapacitás, mint a hőkezelt mintákban. Ez valószínűleg a bekevert levegőnek tulajdonítható. Méréseimet kiegészítettem a enzimvizsgálatokkal is. Szamócából polifenol-oxidáz enzimet izoláltam majd hő- (50-65°C) és nyomásinaktiválási (10-50°C, 100-750 MPa) kinetikai vizsgálatokat végeztem. A hőinaktivációs kísérleteim során bebizonyosodott, hogy a hőinaktiváció kétfázisú kinetikai összefüggéssel modellezhető, vagyis a könnyen inaktiválható hőérzékeny frakció mellett jelen van egy hőstabil is. Az enyhe hő és széles nyomástartományban végzett inaktivációs kísérleteim eredményei azt mutatták, hogy 50°C-nál nagyobb hőmérsékleten és 200 MPa-nál nagyobb nyomáson az inaktiváció sebessége növekedett, jelezve, hogy szinergista hatás figyelhető meg a nyomás és hőmérséklet között. Azonban a hasonlóan nagy (>50°C) hőmérsékleten, de 200 MPa-nál kisebb nyomáson antagonistikus hatás volt megfigyelhető a nyomás és hőmérséklet között. Ebben a tartományban állandó hőmérséklet esetén az alkalmazott nyomás fokozásával csökkent az inaktiváció sebessége. Az eredmények alapján a szamóca PPO inaktiválására alkalmasabb az enyhe hőkezelés – nagyobb nyomáskezelés kombinációja, mint a hőhatásmentes nyomáskezelés.

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Megállapítottam, hogy a cukrozott (20 refrakció%) szamóca- és málnapüré 5 perces 600MPa-os, nagy hidrosztatikus nyomású kezelése mikrobiológiailag stabilizáló hatású legalább 28 napra szobahőmérsékletű (20°C) tárolás mellett is. Ez a nyomáskezelés mikrobiológiai és érzékszervi tulajdonságokra gyakorolt hatását tekintve egyenértékű a 5 perces 80°C-os hőkezelés hatásával.
2. Kimutattam, hogy az 5 percig tartó 600 MPa-os nyomással kezelt cukrozott (20 refrakció%) szamóca- és málnapüré tárolás közbeni állomány-változását jelentősen befolyásolta a kezelést követő tárolás hőmérséklete. A csökkenő tárolási hőmérséklet növekvő viszkozitást eredményezett már 14 napos tárolás után, ami lényegében nem változott a 28. tárolási napra. Ezzel szemben a hőkezelt (80°C 5 perc) bogyósgyümölcs-pürék viszkozitását nem befolyásolta sem a tárolás hőmérséklete sem a tárolás ideje.
3. Megállapítottam, hogy a kémiai érzékelősorok alkalmasak a hővel (80°C, 5 perc) vagy nagy hidrosztatikus nyomással (600 MPa, 5 perc) kezelt cukrozott (20 refrakció%) szamóca- és málnapürék komplex illóanyag és ízjellemzők tárolás alatti változásainak nyomonkövetésére. Az elektronikus orr és -nyelv mérési adatok alapján felállított kanonikus diszkriminancia analízis modellek segítségével igazoltam, hogy a hőkezelés és a nyomáskezelés eltérő módon hat a gyümölcspürék illóanyagaira és ízjellemzőire.
4. A kezelt, tárolt bogyósgyümölcs-pürék FRAP módszerrel mért antioxidáns-kapacitás változása alapján kimutattam, hogy a nyomáskezelt (600 MPa, 5 perc) cukrozott (20 refrakció%) szamóca- és málnapüré-mintákban a kezelést követő tárolás alatt a tárolási hőmérséklettől függetlenül gyorsabban mennek végbe az oxidatív folyamatok, mint a hőkezelt (80°C, 5 perc) pürékben.
5. Kimutattam, hogy a szamócából izolált, foszfát pufferben oldott polifenol-oxidáz kivonat egy hővel könnyen inaktiválható és egy hőstabil enzimfrakcióból állt, így az enzimkivonat hőinaktivációja kétfázisú kinetikai modellel írható le.
6. A hővel (10-50°C) kombinált nyomáskezelés (100-750 MPa) kinetikai elemzése alapján megállapítottam, hogy a szamócából izolált, foszfát pufferben oldott polifenol-oxidáz enzim inaktivációs sebességére a 200 MPa-nál nem nagyobb nyomás és az 50°C-nál nagyobb hőmérséklet kombináció antagonista módon, a 200 MPa-nál nagyobb nyomás és az 50°C-nál nagyobb hőmérséklet kombináció pedig szinergista módon hat.

5. JAVASLATOK

Doktori cselekményemben cukrozott, hő- (80°C, 5 perc) vagy nagy hidrosztatikus nyomással kezelt (600 MPa, 5 perc) szamóca és málnapürékkel végeztem tárolási kísérleteket. A legtöbb esetben azt tapasztaltam, hogy az alkalmazott kezeléseknek közvetlenül nincs jelentősebb minőségrontó hatásuk, vagyis valóban kíméletesnek tekinthetők. Megállapítható volt, hogy mindkét kezelés mikrobiológiailag stabil terméket eredményezett, még a szobahőmérsékletű 4 hetes tárolás során is. Azonban az érzékszervi és analitikai vizsgálatok (antocianin-, fenol-, C-vitamin tartalom, antioxidáns-kapacitás) azt mutatták, hogy egyik kezeléssel sem állítható elő polcálló termék, szükséges a hűtve tárolás. Több helyen eltérő módon változtak a szamóca és a málnaminták tulajdonságai a tárolási idő alatt. Ez felhívja a figyelmet arra, hogy **az ipari bevezetés előtt minden egyes új terméknel meg kell vizsgálni, hogyan reagál az adott alapanyag a nyomáskezelésre. A vizsgálatoknak ki kell terjedniük a kezelést követő tárolás alatt bekövetkező változások felmérésére is.** A fizikai tartósító eljárások között több esetben is különbség volt kimutatható, melyek például a kémiai érzékelősorok használatával jól megfigyelhető volt. Méréstechnikailag fontos, hogy az egyes tárolási napokon rögzített elektronikus orr adatok megbízhatóbban voltak összevonhatók egy modellbe, mint az elektronikus nyelvű, és az érzékszervi pontszámokkal is szorosabb korrelációt mutatott. Ez az elektronikus nyelv korlátozottabb alkalmazhatóságára utal. Az antioxidáns-kapacitás (FRAP) a tárolási hőmérséklettől függetlenül gyorsabban csökkent a HHP-kezelt mintákban, mint a hőkezeltben, ami feltételezi, hogy a HHP-kezelt mintákban erőteljesebb oxidatív folyamatok mentek végbe. Így a HHP-kezelés az általam vizsgált körülmények között kevésbé volt minőségmegőrző, mint a hőkezelés. Ez valószínűleg a nem kellő enzimaktivációnak és a pürékészítés során bekevert jelentős mennyiségű levegőnek volt köszönhető. Ezért **a termékelőállítás és a későbbi vizsgálatok során törekedni kell a bekevert levegő eltávolítására, illetve a levegő át nem eresztő csomagolás alkalmazására.** Mivel a vizsgálataim során tapasztalt változások egy része enzimes folyamatokra vezethető vissza, így a **nyomáskezelt termékek eltarthatóságának felméréséhez elengedhetetlennek tűnik enzimaktivációs vizsgálatok elvégzése.** Ezért kombinált hő-és nyomásinaktivációs kísérleteket végeztem szamócából izolált polifenol-oxidáz enzimkivonaton. A hőinaktivációs kísérlet során kimutatott kétfázisú inaktiválási mechanizmus rávilágít egy hőstabil enzimfrakció jelenlétére, mely megnövekedett inaktivációs hőszükségletét figyelembe kell venni a hőkezelési folyamatok tervezésénél. A hővel kombinált nyomáskezelés kinetikai elemzése alapján **a bogyógyümölcsökből készített termékek jobb minőség-megőrzéséhez**

javasolható a szobahőmérsékletnél nagyobb, de a hagyományos hőkezelés hőmérsékleténél kisebb hőmérsékleten végzett nyomáskezelés. Komplex, több tulajdonságra kiterjedő módon fel kell mérni, hogy mekkora kezelési hőmérséklet-emelkedés fokozza a polifenol-oxidáz – és más enzimek – inaktivációját anélkül, hogy jelentősebb hőkárosító folyamatok indulnának be.

6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ TARTOZÓ PUBLIKÁCIÓK

Publikáció folyóiratban

IF-es folyóiratcikk

- Dalmadi, I.,** Rapeanu, G., Van Loey, A., Smout, C., Hendrickx, M. (2006): Characterization and inactivation by thermal and pressure processing of strawberry (*Fragaria ananassa*) polyphenol oxidase: a kinetic study. *Journal of Food Biochemistry*, 30, pp. 56-76. (IF₂₀₀₅=0.63)
- Dalmadi, I.,** Polyák-Fehér, K., Farkas, J.(2007): Effects of pressure- and thermal-pasteurization on volatiles of some berry fruits. *High Pressure Research*, 27 (1), pp. 169-172.(IF₂₀₀₅: 0.55)

NEM IF-es folyóiratcikk, idegen nyelven

- Dalmadi, I.** Kántor, D.B., Wolz, K. Polyák-Fehér, K. Pásztor-Huszár, K. Farkas, J. Fekete, A. (2007): Instrumental analysis of strawberry puree processed by high hydrostatic pressure or thermal treatment. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 3 (1), pp. 47-66.

NEM IF-es folyóiratcikk, magyarul

- Dalmadi, I.** (2003): Nagy hidrosztatikai nyomás alkalmazása táplálkozásbiológiai szempontból értékes rostos gyümölcslevek minőségkímélő pasztörözésére. *Élelmezési Ipar*, LVII, (6), pp. 182-184.
- Dalmadi, I.,** Farkas, J. (2006): Gyümölcskészítmények tartósítása nagy hidrosztatikus nyomással. *Élelmezési Ipar*, LX, (12), pp. 262-264.
- Dalmadi, I.,** Seregély, Zs., Farkas, J., Kaffka, K. (2007): Néhány többváltozós kemometria módszer alkalmazása műszeres analitikai vizsgálatok értékelésére. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, LIII (4), pp. 222- 238.

Publikáció konferencia kiadványban

Magyar nyelvű (teljes)

- Dalmadi, I.** (2002): Nem termikus tartósítási technológiák alkalmazása gyümölcs- és zöldség termékek pasztörözésére. *MÉTE XIV. Országos Tudományos Diákköri Konferencia (Szeged, 2002. április 25-26) összefoglaló anyaga*, pp. 116-119.
- Dalmadi, I.,** Kántor, D.B., Polyák-Fehér, K., Fekete, A., Farkas, J. (2006): Bogyógyümölcs-pürék érzékszervi tulajdonságainak vizsgálata műszeres módszerekkel. *Műszaki Kémiai Napok '06, Veszprém, 2006 április 25-27., Konferencia kiadvány*, pp. 186-189.

Magyar nyelvű (összefoglaló)

- Dalmadi, I.** (2003): Nem termikus tartósítási technológiák alkalmazása gyümölcs- és zöldség termékek pasztörözésére. *XXVI. Országos Tudományos Diákköri Konferencia (Kaposvár, 2003. április 3-5.) összefoglaló anyaga*, pp. 322-323.
- Dalmadi, I.,** Polyák-Fehér, K., Farkas, J (2005): A hőkezelés és nagy nyomásos pasztörözés hatása néhány bogyógyümölcsstermék fontosabb minőségi tulajdonságára. *Lippay János - Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapest, 2005. október 19-21., Összefoglalók, p .60-61. és Konzervújság, LIV. (3), pp. 65.*
- Dalmadi, I.,** Seregély, Zs., Kaffka, K., Farkas, J. (2007): Kemometriai módszerek alkalmazása műszeres analitikai vizsgálatok értékelésére. *ÉTKB-KÉKI-MÉTE 327. Tudományos Kollokvium, Budapest, 2007. június 1., Összefoglalók, p.3. és Élelmezési Ipar, LXII. (5), p. 136.*
- Dalmadi, I.,** Kántor, D.B., Wolz, K., Polyák-Fehér, K., Farkas, J. (2007): Bogyógyümölcspürék tulajdonságainak vizsgálata érzékszervi és műszeres módszerekkel. *Lippay János - Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapest, 2007. november 7-8., Összefoglalók, pp.118-119.*

Nemzetközi konferencia (teljes)

- Dalmadi, I.,** Rapeanu, G., Smouth, C., Van Loey, A., Hendrickx, M. (2004): Thermal inactivation of strawberry (*Fragaria ananassa*) polyphenoloxidase. A kinetic study. *Proceedings of 10th Symposium on Applied Biological Sciences, 29. September, 2004, Gent, Belgium, In: Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences, 69, (2), pp. 77-80.*
- Dalmadi, I.,** Polyák-Fehér, K., Farkas, J (2005): Effects of pressure-pasteurization on selected quality properties of some berry fruit products as compared to heat-pasteurized ones. *INTRADFOOD2005 – Innovations in Traditional Foods, Valencia, Spain, 25-28 October 2005, Abstract Booklet, Volume II., pp. 1225-1228.*
- Dalmadi, I.,** Wolz, K., Kántor, D.B., Polyák-Fehér, K., Farkas, J (2008): Comparing quality changes in strawberry purees as induced by thermal or HHP treatments and storage. *The 2008 Joint Central European Congress, 4th Central European Congress on Food 6th Croatian Congress of FOOD TECHNOLOGIST, BIOTECHNOLOGISTS, AND NUTRITIONISTS, Cavtat, Croatia, 14-17. May. 2008, Book of Abstract, p. 97. Proceedings, Volume 1., pp.287-293.*

Nemzetközi konferencia (összefoglaló)

- Dalmadi, I.,** Rapeanu, G., Smouth, C., Van Loey, A., Hendrickx, M. (2005): Activity, thermal and/or pressure inactivation of strawberry (*Fragaria ananassa*) polyphenoloxidase. A kinetic study. *ÉTKB-KÉKI-MÉTE 320th Scientific Colloquium, Budapest, Hungary, 21st April 2005, Abstract Booklet, p. 6.*
- Dalmadi, I.,** Rapeanu, G., Smouth, C., Van Loey, A., Hendrickx, M. (2005): Thermostability of polyphenoloxidase and peroxidase from strawberry (*Fragaria ananassa*) - A kinetic study. *10th International Workshop on Chemical Engineering Mathematics, Budapest, Hungary, 18-20 August, Abstract Booklet, p. 28.*
- Dalmadi, I.,** Polyák-Fehér, K., Farkas, J (2006): Effects of storage and time on selected quality properties of blackcurrant fruit products treated by heat and high hydrostatic pressure. *7th International Conference on Food Science, Szeged, 20. April 2006. Proceeding, pp. 130-131.*

- Dalmadi, I.**, Seregély, Zs., Horváth, K., Balla, Cs. (2006): Monitoring the effect of crumb on sunflower oil during frying by NIR spectroscopy and chemosensor array. *3rd Central European Congress on Food, 22-24 May 2006, Sofia, Bulgaria, Book of Abstracts*, p. 125.
- Dalmadi, I.**, Polyák-Fehér, K., Farkas, J. (2006): Effects of pressure- and thermal-pasteurization on volatiles of some berry fruits. *44th EHPRG International Conference, Prague, Czech Republic, 4-8 September, 2006, Book of Abstracts*, p. 54.
- Dalmadi, I.**, Wolz, K., Polyák-Fehér, K., Farkas, J. (2006): Changes of nutritional characteristics in minimally processed berries. *12th International Conference of Chemistry, 3-8 October, 2006, Csíkszereda, Romania, Abstract book*, p. 88.

Könyv, jegyzet

Magyar nyelvű könyv, jegyzet, könyvrészlet (megkezdett ívenként)

- Dalmadi István**, Farkas József (2007): Gyümölcskészítmények tartósítása nagy hidrosztatikus nyomással. In: *Barta J. (szerk.): Gyümölcsfeldolgozás technológiái, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 978-963-286-395-5, pp. 357-364.*

Hivatkozások

(önhivatkozás nélkül)

- Dalmadi, I.** (2003): Nagy hidrosztatikai nyomás alkalmazása táplálkozásbiológiai szempontból értékes rostos gyümölcslevek minőségkímélő pasztörözésére. *Élelmezési Ipar, LVII*, (6), p. 182-184.

Idézik

- Cserhalmi, Zs., Mészáros, L., Sass, Á., Tóth, M. (2004): Nagy hidrosztatikus nyomással kezelt gyümölcslevek vizsgálata. *Élelmezési Ipar, LVIII*, (9), p. 265-267.
- Cserhalmi, Zs., Mészáros, L., Vásárhelyi-Perédi, K. (2006): Kíméletes tartósító eljárásokkal kezelt gyümölcslevek cukorösszetételének vizsgálata. *Élelmezési Ipar, LX*, (1), p. 21-24.

-
- Dalmadi, I.**, Rapeanu, G., Van Loey, A., Smout, C., Hendrickx, M. (2006): Activity, thermal and/or pressure inactivation of strawberry (*Fragaria ananassa*) polyphenol oxidase: A kinetic study. *Journal of Food Biochemistry*, 30, pp. 56-76.

Idézik:

- Roman Buckow (2006): Pressure and Temperature Effects on the Enzymatic Conversion of Biopolymers. *PhD disszertáció*, Technischen Universität Berlin
- Qiao, Y.-J., Wang, H.-H., Fang, Q., Zhang, S.-L., Xu, Q. (2007) Research advances in the post-harvest treatment and storage and freshness retention of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch). *Acta Agriculturae Shanghai*, 23 (1), 109-113.
- Wang, R., Zhou, X., Chen, Z. (2008) High pressure inactivation of lipoxygenase in soy milk and crude soybean extract. *Food Chemistry*, 106, 603-611.
- Koncz, Á., Mészáros, L., Farkas, J., Pásztor-Huszár, K., Helt, R., Lechner, N. (2007): Pasteurisation of raw milk by high hydrostatic pressure. *Acta Alimentaria*, 36 (4), pp. 471-481.
- Viškelis, P., Rubinskienė, M. (2006): Influence of modified atmosphere on the quality of strawberries 'Venta'. *Sodininkystė ir daržininkystė*, 25(1), pp. 64-73.
- Buckow, R., Heinz, V. (2008): High Pressure Processing – a Database of Kinetic Information. *Chemie Ingenieur Technik*, 80 (8), pp. 1081-1095.

Queiroz, C., Lopes, M.L.M., Fialho, E., Valente-Mesquita, V.L. (2008): Polyphenol oxidase: Characteristics and mechanisms of browning control. *Food Reviews International*, 24(4) pp. 361-375.

Mora, O.O. (2008): Influencia de tratamientos térmicos en la calidad y estabilidad del puré de fresa (*Fragaria x ananassa*, cv Camarosa). *PhD disszertáció*, Universidad Politécnica de Valencia

Terefe, N.S., Matthies, K., Simons, L., Versteeg, C. (2009): Combined high pressure-mild temperature processing for optimal retention of physical and nutritional quality of strawberries (*Fragaria × ananassa*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Article in Press, Corrected Proof

Dalmadi, I., Seregély, Zs., Farkas, J., Kaffka, K. (2007): Néhány többváltozós kemometriai módszer alkalmazása műszeres analitikai vizsgálatok értékelésére. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, LIII (4), pp. 222- 238.

Idézi:

Bázár, Gy. (2008): Különböző takarmánykiegészítések hatásának NIR technikára alapozott nyomonkövetése halfilében. *XIV. ITF, 2008. április 3., Keszthely, Konferencia CD.*

Dalmadi, I., Polyák-Fehér, K., Farkas, J. (2007): Effects of pressure- and thermal-pasteurization on volatiles of some berry fruits. *High Pressure Research*, 27 (1), pp. 169-172.

Idézi:

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 & Technology*, 19 (6), pp. 320-328.