



Élelmiszertudományi Kar

Hűtő- és Állattermék Technológiai Tanszék

NAGY HIDROSZTATIKAI NYOMÁSÚ TARTÓSÍTÁSI ELJÁRÁS HATÁSA HÚSKÉSZÍTMÉNY-MODELLANYAG JELLEMZŐIRE

TDK Dolgozat

ÁMON BALÁZS

Élelmiszermérnök szak, BSc. IV.évfolyam



Témavezető: Dr. Friedrich László, egyetemi docens

TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005

TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0023

**Budapest
2012**

1. Bevezetés	3
2. Irodalmi áttekintés.....	4
2.1. A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés jelentősége	4
2.1.1. A nyomáskezelés elméleti alapja és működése.....	4
2.1.2. A HHP eljárás ipari jelentősége.....	6
2.2. A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés alkalmazása.....	8
2.2.1. A mikrobák nyomástűrése	8
2.2.1. A HHP kezelés hatása az élelmiszerekben található vízre.....	9
2.2.2. A HHP eljárás hatása a fehérjékre	10
2.2.3. A HHP eljárás hatása a lipioxidációra	12
2.3. A húskészítmények rövid jellemzése.....	13
3. Célkitűzés.....	15
4. Anyagok és módszerek	16
4.1. A húskészítmény-modellanyagok	16
4.1.1. A modellanyagok előkészítése.....	16
4.1.2. A HHP kezelés	17
4.1.3. A modellanyagok tárolása.....	17
4.2. A kísérletek során alkalmazott módszerek.....	18
4.2.1. Színmérés	18
4.2.2. Lipioxidáció mértékének meghatározása.....	19
4.2.3. Érzékszervi vizsgálatok.....	19
5. Eredmények és értékelésük.....	20
5.1. Színmérés	20
5.1.1. Színváltozás a nyomáskezelés hatására	20
5.1.2. Színmérés a tárolási próba során.....	24
5.2. Lipioxidáció mérése.....	29
5.2.1. Lipioxidáció mérése a nyomáskezelés után	29
5.2.2. Lipioxidáció mérése a tárolási próba során.....	31
5.3. Érzékszervi vizsgálatok.....	34
5.3.1. Színváltozás érzékszervi minősítése	34
5.3.2. Íz érzékszervi minősítése	36
5.3.3. Állomány érzékszervi vizsgálata	36
6. Összefoglalás	38
7. Felhasznált irodalom.....	40
8. MELLÉKLETEK.....	43

1. Bevezetés

Az utóbbi néhány évtized világszerte jelentős változásokat hozott a fogyasztói magatartásban és szemléletben. A piacon jelenlévő termékek és szolgáltatások minőségével szemben egyre magasabb elvárásokat támasztanak az időközben szinte mozgalommá erősödő tudatos vásárlók.

Az alapvető élelmiszereknek is egyre kifinomultabb fogyasztói igényeknek kell megfelelniük. Szemponttá vált az egészséges táplálkozás, a minél természetesebb alapanyagokból, minél természetesebb módon készülő élelmiszerek fogyasztása. A tartósítószer mentes és a bioélelmiszerek vásárlása az észérvek mellett egyfajta divattá is vált. A modern vásárlót érdekli a termék eredete, összetétele és - nem utolsó sorban – tartósításának módja is. A hozzáadott tartósítószer, de sokszor a hagyományos, pl. hőkezelési eljárás sokakból ellenérzést vált ki.

A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés az utóbbi években egyre inkább versenyképes alternatívának bizonyul a hagyományos eljárások mellett, vagy akár azokkal szemben. Az eljárás során a tartósítani kívánt élelmiszert nagy, 100-1000MPa közötti hidrosztatikai nyomásnak teszik ki. A módszer egyik legfőbb előnye, hogy az élelmiszerek összetevőire és érzékszervi tulajdonságaira kevésbé hat károsan, mint a hőkezelési technológia, de legalább olyan hatékonyan pusztítja el az élelmiszerek romlásáért, illetve a megbetegedésekért felelős mikroorganizmusokat. A kezelési paraméterek terméktípusonként változhatnak, függően az adott élelmiszer összetevőitől, fizikai, kémiai tulajdonságaitól, valamint a mikrobák nyomástűrő képességétől. A módszer tökéletesítéséhez meg kell ismerni az egyes élelmiszerek és összetevőik nagy nyomás hatására bekövetkező változásait. Az eljárást számos terméktípushoz optimálták, de a technológia rövid múltjából adódóan még sok kísérletre van szükség, hogy a módszer a lehető leghatékonyabban és legkíméletesebben alkalmazható legyen.

A táplálkozás étletanilag jelentős húsok és húskészítmények nyomáskezelésének ipari alkalmazása már megkezdődött, de még számos kutatási lehetőség adódik, a módszer tökéletesítése érdekében.

2. Irodalmi áttekintés

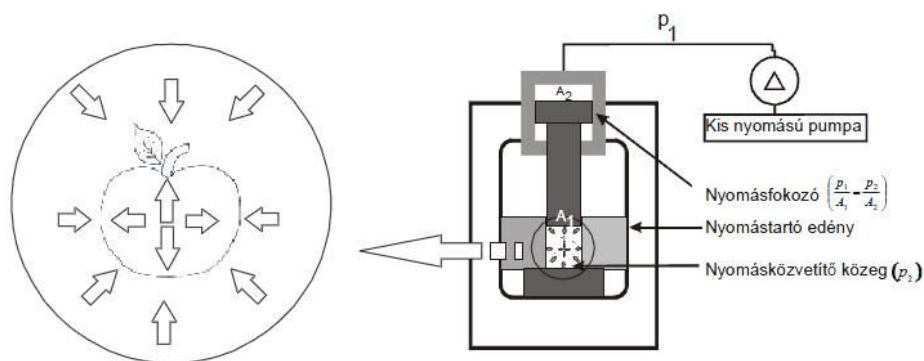
2.1. A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés jelentősége

2.1.1. A nyomáskezelés elméleti alapja és működése

A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés egy ígéretes tartósítási módszer, amely hatékonyan pusztítja el az élelmiszerekkel kapcsolatos megbetegedésekért felelős mikroorganizmusokat. Az eljárás során az élelmiszert nagy, 100-1000 MPa nyomásnak teszik ki. A folyékony és szilárd élelmiszereknél egyaránt alkalmazható módszerrel a mikroorganizmusok jelentős része már viszonylag alacsony, akár 40°C alatti hőmérsékleten inaktíválható. A nyomáskezelés egyik legnagyobb előnye a hagyományos hőkezeléssel szemben, hogy csak minimális hatással van az élelmiszerek szerkezetére, ízére és egyéb érzékszervi tulajdonságaira (BALASUBRAMANIAM et. al. 2008; BALNY, MASSON 1993). A módszer nevének rövidítése az angol szakirodalomban a HHP (high hydrostatic pressure). A nyomáskezeléssel először a XIX. század végén az amerikai B.H. Hite kezdett kísérletezni, aki a tej eltarthatóságát próbálta növelni (HITE 1899). A próbák sikeresnek bizonyultak, de csak jóval később, a XX. század végén kezdődött meg a technológia ipari alkalmazása. Ez köszönhető volt a fejlődő technikai háttérnek, illetve a hagyományos tartósítási eljárásokat kiváltó új metódusok iránti igénynek. Ma már számos élelmiszert kezelnek a HHP módszerrel, így gyümölcsleveket és italokat, gyümölcsöket, zöldségeket, húsokat, húskészítményeket, továbbá halakat, tenger gyümölcseit és készételeket is (URRUTIA-BENET 2005).

Az eljárás fő alapelve, hogy a hidrosztatikai nyomás a tartósítani kívánt élelmiszerre azonnal és egész tömegében egyenletesen (izo-sztatikusan) hat, függetlenül annak alakjától, méretétől és tömegétől (1. ábra). Ebből adódik, hogy a hőkezeléses eljárásokkal szemben, ennél a módszernél a kezelési idő hosszát nem befolyásolják az élelmiszer méretei.

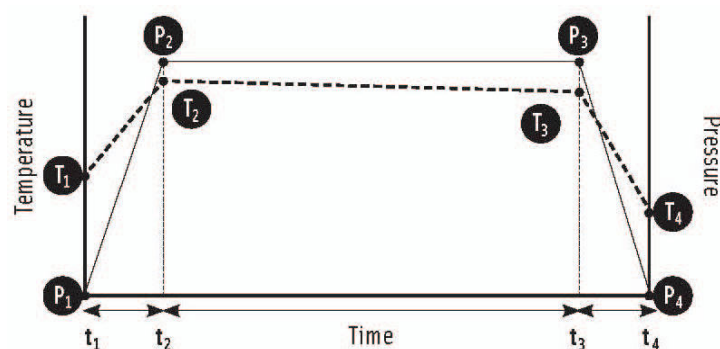
Az nyomáskezelés során a terméket nyomásközvetítő folyadék veszi körül. A leggyakrabban alkalmazott közvetítő folyadékok között van a víz, glikol oldatok, nátrium-benzoát oldat, alkohol oldatok, esetleg szilikon olaj, ricinusolaj és más olajos közegek. Ezek segítségével adódik át a nyomás a kezelt élelmiszerekre. (YALDAGARD et. al. 2008)



1. ábra Nagy hidrosztatikus nyomású kezelés működési elve (DALMADI, FARKAS 2006)

A folyadékot és a terméket a csomagolóanyag határolja el egymástól. A HHP eljárásához olyan légmentes csomagolás szükséges, amely ellenáll az élelmiszer összenyomhatóságából adódó térfogatváltozásnak. Az alkalmazott nyomás nagyságának függvényében az élelmiszer térfogata először csökken, majd a nyomáscsökkentéskor ugyanilyen mértékű tágulás történik. Ezért létfontosságú, hogy a csomagolás nagymértékű, akár 19%-os térfogatváltozáshoz károsodás nélkül alkalmazkodni tudjon. Így a merev csomagolóanyagok, mint az üveg, fém, papír vagy kemény műanyagok használata nem javasolt, mert ezek deformációja irreverzibilis. A célnak jobban megfelelnek a különböző többrétegű, rugalmas műanyag fóliák (RASTOGI et. al. 2007).

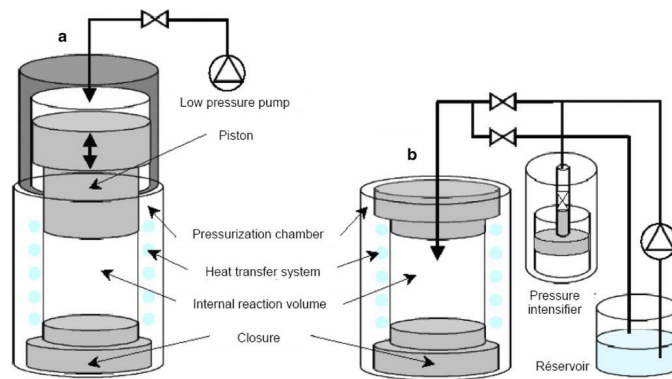
A nyomáskezelés során a kezelt termék hőmérsékletének változásával is számolni kell. Ez alapján a kezelés a következő három fő szakaszra osztható: a nyomás emelése (t_1 - t_2), az élelmiszer nyomás alatt tartása (t_2 - t_3), és a dekompresziós szakasz (t_3 - t_4). A kompressziós és dekompresziós szakasz alatt átmeneti hőmérsékletváltozás megy végbe. Az élelmiszer hőmérséklete (T_1 - T_2) az összenyomás hatására (P_1 - P_2) megemelkedik. Az üzemi nyomáson (P_2 - P_3) a hőmérséklet (T_2 - T_3) független az összenyomás mértékétől, amennyiben a termék és környezete közötti hőcsere mértéke elhanyagolható. Tökéletesen szigetelt (adiabatikus) rendszerben a dekompresziós szakasz során az élelmiszer hőmérséklete a kezdeti értékre térne vissza. A gyakorlatban azonban a termék kezelés utáni hőmérséklete (T_4) a kompressziós szakasz során fellépő hőveszteség miatt kisebb a kezdeti hőmérsékletnél (T_1). (2. ábra)



2. ábra A nyomás és hőmérséklet változása a HHP kezelés során (PATAZCA et al 2007; RASANAYAGAM et al. 2003)

Az eljárás során végbemenő gyors felmelegedés és lehűlés egyedi lehetőséget nyújt a termékek nyomáskezeléssel egyidejű hőkezelésére és gyors visszahűtésére (PATAZCA et al 2007; RASANAYAGAM et al. 2003).

Egy nyomáskezelő berendezés a következő fő részekből áll: nyomástartó edény és zárószerkezete, a nagy nyomást létrehozó berendezés, a hőmérsékletet szabályozó és az anyagmozgató rendszer (MERTENS 1995). A nyomástartó edényt különösen körültekintően kell megtervezni és legyártani. Az igen nagy nyomást gyakran és huzamosabb ideig kell elviselnie, esetleges baleset bekövetkeztekor pedig az edény fala nem törhet el vagy robbanhat szét. Ha repedés jelenik meg, azon keresztül kell távoznia a közvetítő folyadéknak a beavatkozásig vagy a nyomás kiegyenlítődéig (CROSSLAND 1995). A nagy hidrosztatikai nyomás létrehozása közvetlen vagy közvetett úton történhet (3.ábra).

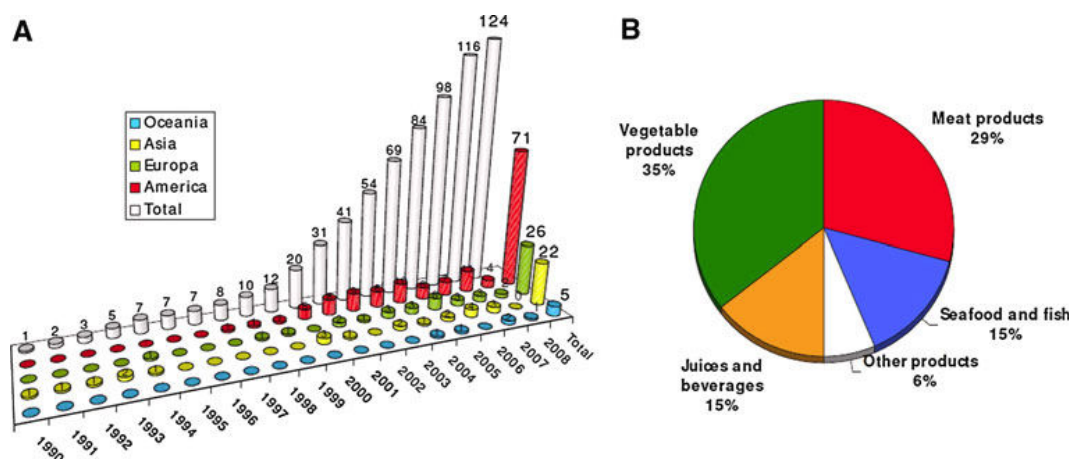


3.ábra A nagy nyomás létrehozása közvetlen(a) és közvetett(b) úton (URRUTIA-BENET 2005).

Az iparban kezdetben szakaszos üzemű berendezéseket használtak, majd a közelmúltban kifejlesztett fél-folyamatos rendszerek is idővel egyre elterjedtebbé váltak. Általában három nyomástartó kamrából képeznek egy fél-folyamatos berendezést. Működéskor egy időben történik az egyik edény töltése, a másik nyomáskezelése, a harmadikból pedig a késztermék kiürítése. Általánosnak tekinthető a 600 MPa nyomáson 3-5percig tartó kezelés, de ezek az értékek függenek az adott élelmiszer fizikai, kémiai és biológiai jellemzőitől (FARKAS, HOOVER 2000).

2.1.2. A HHP eljárás ipari jelentősége

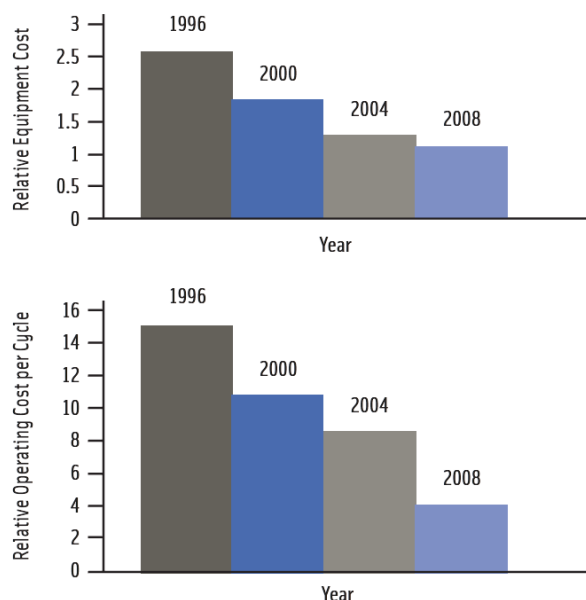
A HHP eljárás ipari alkalmazása az 1990-es évek elején kezdődött meg Japánban. Azóta a módszer világszerte egyre elterjedtebbé vált és ma már több mint 150 féle nyomáskezeléssel tartósított termék közül válogathatnak a vásárlók. A módszer ipari alkalmazása Amerikában a legjelentősebb (USA, Kanada, Mexikó), de már Európában és Ázsiában is növekvő tendencia figyelhető meg (4.ábra/A)(DALMADI, FARKAS 2006).



4.ábra (A) Az ipari alkalmazású HHP gépek földrajzi megoszlása, (B) A nyomáskezeléssel tartósított élelmiszerek típus szerinti megoszlása (Mark de Boevere, NC Hyperbaric)

A HHP módszer gyors, széleskörű elterjedését hátráltatja a gépek magas ára. Az ipari méretű berendezések akár 500.000 - 2,5millió amerikai dollárba is kerülhetnek, amely igen komoly költséget jelent a beruházó cég számára. A kezdetekhez képest mára jóval kedvezőbbé váltak mind a beruházási, mind a fenntartási költségek, ez a tendencia a technológia elterjedésével és fejlődésével várhatóan továbbra is fennáll majd (5. ábra).

Az ipari berendezések hasznos térfogata 30-600 liter között változhat (BALASUBRAMANIAM et. al. 2008).



5.ábra A HHP berendezések beruházási és működtetési költségeinek alakulása (SAMSON 2008)

Az élelmiszerek egyre szélesebb skáláját kezelik nagy hidrosztatikus nyomás segítségével. Jelenleg a legnépszerűbbek a növényi eredetű termékek (zöldség, gyümölcs készítmények, szószok, stb.), gyümölcslevek, valamint a húsok, húskészítmények és a különböző tengeri halak, rákok, kagylók. A nyomáskezelt élelmiszertípusok megoszlási arányait a 4.ábra/B szemlélteti.

2.2. A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés alkalmazása

2.2.1. A mikrobák nyomástűrése

A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés egyik fő célja az élelmiszerekben jelenlevő nemkívánatos mikroorganizmusok inaktiválása. Az eljárás eredményességét több tényező befolyásolja, így a mikrobák típusa és száma, az alkalmazott nyomás nagysága és időtartama, a hőmérséklet, valamint a kezelt élelmiszer fizikai és kémiai tulajdonságai (AYMERICH et al. 2000). A mikrobák nyomástűrése fajonként és törzsenként is változó lehet. Általában a Gram-pozitív baktériumok rezisztensebbek a nyomással szemben, mint a Gram-negatívok, élesztők és penészgombák. A hidrosztatikai nyomásnak leginkább a baktérium spórák állnak ellen. A mikroba sejtek érzékenysége attól is függ, hogy szaporodásuk melyik fázisában éri őket a nagy nyomás. Többnyire az exponenciális szakaszban nagyobb érzékenységről beszélhetünk, mint a log vagy a stacionárius fázisban (EARNSHAW 1995, PATTERSON et al. 1995). A kezelés a mikroba sejtben számos változást eredményezhet morfológia, a sejtmembrán, biokémiai folyamatok és génműködés szempontjából is. A nagy nyomás antimikrobás hatását több ilyen változás együttes bekövetkezése okozza (YORDANOV, ANGELOVA 2010).

Shimada és munkatársai (1993) *Saccharomyces cerevisiae* sejteket vizsgálva megállapították, hogy a sejtfa 400-500 MPa körüli nyomásértéknél kezd szétszakadozni. A sejtsejtszervecskék igen érzékenyek a nyomásra, a sejtmagot körülvevő membránt már 100 MPa nyomás károsítja, 400 MPa pedig az összes organelumot tönkretetheti. Ludwig és Schreck (1997) *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* és *Staphylococcus aureus* morfológiáját vizsgálták nagy nyomású kezelés mellett. Eredményeik alátámasztják, hogy a kókkuszok jóval nyomástűrőbbek a pálca alakú baktériumoknál.

A nagy hidrosztatikai nyomás hatására a sejtekben különböző funkciókat ellátó fehérjék denaturálódnak. Ez a nyomás nagyságától függően történhet reverzibilis vagy irreverzibilis módon. A fehérje denaturáció káros hatással van a sejtmembrán transzportfolyamataira, a nagy nyomás riboszómákra való hatása pedig a fehérjeszintézist is gátolja (BARTLETT 1992).

A nagynyomású kezelés hatására a sejtek membránfelületei és a hozzájuk kötődő enzimek között gyengül a kapcsolat. Ennek oka az enzimaktivitást befolyásoló lipidek fizikai állapotában végbement változás. A nyomás az egyes enzimekre különböző módon hat. Előfordul, hogy a különböző mikrobákban található ugyanazon enzim másképp reagál a nagy nyomásra (HEREMANS 2003, HOOVER et al. 1989).

Az élelmiszerek fizikai és kémiai tulajdonságai is befolyásolják a HHP eljárás eredményességét. Alacsony pH esetén a kezelés hatékonyabbnak bizonyult, a semlegeshez közeli értékekhez képest. Linton és munkatársai (1999) az *Escherichia coli* O157:H7 szerotípusát vizsgálták narancslében.

Kimutatták, hogy az alacsony pH növelte a nagynyomású kezelés hatékonyságát. Általában a pH csökkenésével a mikrobák nyomástűrő képessége is visszaesik.

Alaphelyzetben a mikrobák szaporodásának kedvez, ha a táptalajul szolgáló élelmiszer vízaktivitása nagy, 0,98-1 körüli értéket vesz fel. A gyakorlati tapasztalatok azonban azt mutatják, hogy a nagy hidrosztatikai nyomáskezelésnél az alacsonyabb vízaktivitású élelmiszerben nagyobb a mikrobák túlélési esélye. A pusztulás érezhetően visszaesik 0,95-nél kisebb vízaktivitású terméknel.

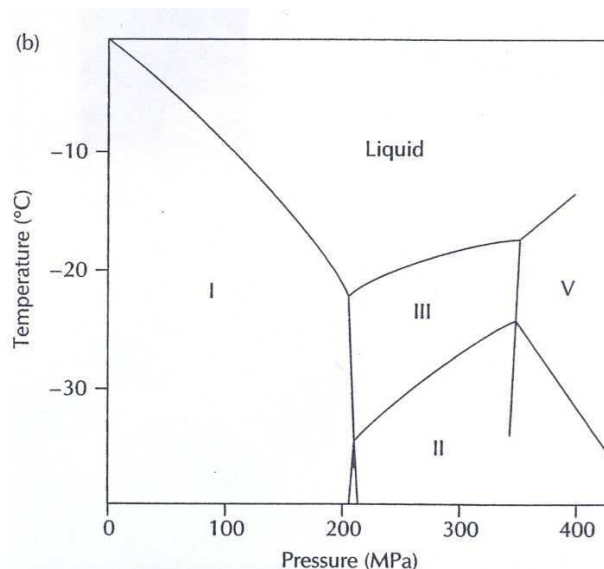
Az élelmiszerek egyes összetevői védő hatást gyakorolhatnak a mikroorganizmusokra a HHP kezeléssel szemben. Tápanyagban gazdag tápközeg, mint például a húsok erősíthetik a rezisztenciát a nyomáskezeléssel szemben. A szénhidrátok, lipidek és fehérjék mind erősítik az ellenálló képességet. Ez gyakran azt eredményezi, hogy adott mikrobafaj inaktiválásához hosszabb kezelési idő szükséges élelmiszerben, mint laboratóriumi táptalajban.

Élelmiszerek nyomáskezelésekor az alkalmazott nyomás és hőmérséklet értékektől függően maradnak a termékben sérült, de életképes mikroba sejtek. HHP eljárás méretezésekor a már kezelt terméknel meg kell bizonyosodni arról, hogy a sérült sejtek a későbbiekben nem válnak-e szaporodásképesé (BALASUBRAMANIAM et. al. 2008).

Általában pasztörözésnek megfelelő tartósítás esetén, 300-600 MPa nyomáson, pár másodperctől néhány percig terjedő időtartamú kezelés elegendő a vegetatív patogén és romlást okozó mikrobák inaktiválásához. Sterilizáláshoz 600 Mpa-nál nagyobb nyomás és 75°C-ot meghaladó hőmérséklet szükséges. Ennél kisebb hőmérsékleten egyes baktérium spórák még 1000 MPa nyomásnak is ellenállhatnak. A legtöbb penészgomba és élesztő azonban már 300-400 MPa nyomáson, néhány perc alatt szobahőmérsékleten is elpusztítható (CHEFTEL 1995, SMELT 1998).

2.2.1. A HHP kezelés hatása az élelmiszerekben található vízre

Az élelmiszerek jelentős részét különböző módon kötött és szabad víz adja. A fagyáskor történő folyékony-szilárd fázisátalakulást vízben és élelmiszerekben a rendszerre ható nyomás határozza meg. A szilárd-folyékony fázisdiagramon jól nyomon követhető a nagy nyomás vízre gyakorolt hatása. Légköri nyomáson a jégkristályok képződése jelentős térfogat növekedéssel jár. Nagyobb nyomáson ez a fajta jégképződés gátolt, csak jóval kisebb hőmérsékleten következik be (6. ábra).



6.ábra Víz-jég fázisátalakulás légköri nyomás felett. (KALICHEVSKY et al. 1995)

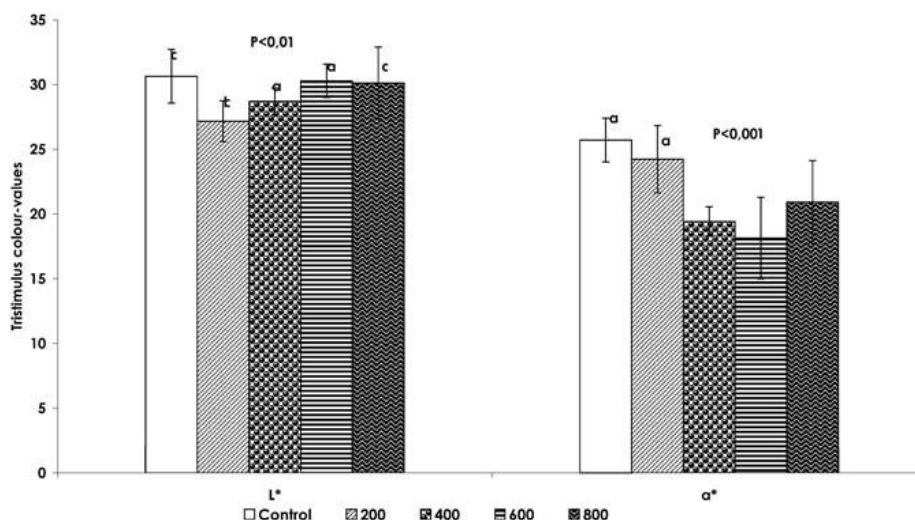
HHP kezelésnél az élelmiszer akár -20°C -nál alacsonyabb hőmérsékletig túlűthető, a dekompresszió pedig a jégkristályok gyors kialakulását eredményezi. Ennek eredménye, hogy a termék szerkezete kevésbé sérül, mint hagyományos fagyasztás esetén. A nagy nyomás az élelmiszerek felengedtetésénél is eredményesen alkalmazható. A termék minősége (pl. szín-, és ízanyagok) jobban megőrizhető, ha a felolvasztás gyorsan történik. Nyomáskezeléssel (100-200MPa) elérhető, hogy a fagyasztott élelmiszer már 5°C alatt gyorsan, az átlagosnál kisebb mértékű lékiválással felengedjen (KALICHEVSKY et al. 1995).

2.2.2. A HHP eljárás hatása a fehérjékre

A nagy hidrosztatikus nyomás a fehérjék szerkezetében reverzibilis és irreverzibilis változásokat okozhat, aminek következménye lehet denaturáció, aggregáció vagy gélképződés. Általában igaz, hogy a nagyobb, összetett fehérjék jóval nyomásérzékenyebbek az egyszerű fehérjéknél. Ennek oka, hogy a fehérjék harmadlagos és negyedleges szerkezetét biztosító nem kovalens (hidrofób, ionos) kötések már 100-300 MPa nyomás hatására módosulhatnak. A másodlagos szerkezetért felelős hidrogénkötések kevésbé érzékenyek, esetükben csak igen magas nyomás mellett lép fel irreverzibilis változás, a kovalens kötésekre pedig nem hat a nagy nyomás, ezért az elsődleges szerkezet nem károsodik (HENDRICKX et al. 1998). Húskészítmények kezelésekor a húsfhérjék nyomásérzékenysége meghatározó jelentőséggel bír, mivel az eddigi tapasztalatok alapján a nagy nyomással szemben legkevésbé a húsfhérjék ellenállóak. Az aktin és miozin irreverzibilisen denaturálódnak, az aktomiozin aktinná és miozinná bomlik. Az előbb említett fehérjék, valamint a mioglobin és hemoglobin nyomás hatására bekövetkező változása nagyban befolyásolja a késztermék érzékszervi tulajdonságait (MACFARLANE 1989).

A húsok **színét** a mioglobinnel tartalom határozza meg, a szín stabilitását pedig a mioglobin oxidált formáinak jelenléte befolyásolja. Eszerint a mioglobin a mélyvörös, az oximioglobin a világosabb, élénkvörös, a metmioglobin pedig a szürkésbarna színért felelős. A mioglobin oxidációját befolyásolja a parciális oxigénnyomás, a szövetek oxigénfogyasztása, a pH, a hőmérséklet és a nyomás. A színt kialakító anyagok között van még a hemoglobin és a citokróm C is. (CHEFTEL, CULIOLI 1997, MANCINI 2005) Carlez és munkatársai (1993) darált marhahús színváltozását vizsgálták, 10°C-on 10 percig tartó nyomáskezelés mellett. Azt tapasztalták, hogy 250-300 MPa közötti nyomáson a hús világosabbá, rózsaszínes árnyalatúvá vált (világossági tényező növekedett), 400-500 MPa nyomásértéknél pedig inkább a főtt húsról jellemző, szürkés-barna színt vett fel (vörös színintenzitás csökkent). 200MPa felett a mioglobin aránya csökkent jelentősen, míg 400-500 MPa nyomáson a metmioglobin aránya nőtt az oximioglobin rovására. Más kísérletek is igazolták, hogy nyers húsoknál a nagy nyomáson végzett kezelés jelentős elszíneződést eredményez.

Andrés és munkatársai (2004) ibériai száraz pácolt sonkát kezeltek HHP eljárással, 200-800 MPa nyomásértékek között, 20°C-on, 15 percig. A kezelés a termék világossági tényezőjének és vörös színintenzitásának szignifikáns változását eredményezte, a sárga színű inger változása elhanyagolható volt. A nyomáskezelte sonkák világossági tényezője (L^*) elmaradt a kontroll mintákhoz képest egészen a 600-800 MPa nyomástartományig, ahol a kezelt minták L^* értéke megközelítette a kontrollét. A vörös színű inger (a^*) alakulása a nyomás növelésével csökkenő tendenciát mutatott, bár 800 MPa-nál itt is növekedést tapasztaltak (7.ábra)



7. ábra Kezelt és kontroll minták L^* és a^* értékeinek változása különböző nyomás értékek mellett (ANDRÉS et al. 2004)

Sikes és munkatársai (2009) alacsony sótartalmú marhacolbászt kezeltek HHP módszerrel. A kezelés során 400 MPa-ig emelték a nyomást, és azt tapasztalták, hogy a nyomáskezelte kolbászok valamivel halványabb színűek lettek az eredeti, kezeletlen mintáknál. Ruiz-Capillas (2007)

munkatársaival virsli nagynyomású kezelésénél jutott arra a következtetésre, hogy az előzőleg hőkezelt termékeknel a HHP eljárás nem vezet jelentős színváltozáshoz.

A nagy hidrosztatikus nyomás hatására a fehérjék olyan változásokon mehetnek keresztül, amely az élelmiszerek **állomány**ának változását okozzák. A gélképződés máshogy alakul a HHP eljárás és a hőkezeléses módszer következtében. Nagy nyomáson a gélképződéshez nagyobb fehérjekoncentráció szükséges, ugyanakkor a nyomáskezelés hatására képződött gélek lágyabbak a hőkezelés során létrejöttéknél. A nyomás növelése szilárdabb gél eredményez, ez azonban a hőkezeléssel létrehozott gél keménységét nem haladja meg. A nagy nyomás gélképződést előidéző hatása lehetővé teszi pl. tojás nyomás alatti főzését kénis íz vagy vitaminvesztés nélkül (JIMENEZ-COLMENERO 2002, DUMOULIN et al. 1998). A gélképződés állományjavító hatására jó példa a korábban említett Sikes és munkatársai (2009) marhakolbásszal folytatott kutatása. Kimutatták, hogy 1% konyhasó hozzáadása esetén a nyomáskezelés és főzés hatására a kolbász vízmegkötő képessége javult, megfelelő keménységet, ugyanakkor rugalmasságot sikerült elérni. Ruiz-Capilla és munkatársai (2007) kísérletei virslivel azt az eredményt hozták, hogy a nyomáskezelt virsli a kontrollmintához képest jelentősen veszített keménységéből és rágósságából.

A húskészítmények alapanyagául szolgáló nyers húsok állományának javítása is segíthető a nagynyomásos kezeléssel. 150 MPa körüli nyomáson végzett enyhe hőkezeléssel kiküszöbölhető a hidegrövidülés okozta rágósság. 100-200 MPa-on a pre-rigor állapotú hús puhítható. Magasabb, 500 MPa körüli nyomáson nem szükséges hőkezelés a hús megpuhításához, de itt már jelentős színváltozással kell számolni. Az ilyen módon történő húspuhítás főleg fehér és füstölt húsoknál előnyös, mert ezeknél nem lép fel nemkívánatos elszíneződés (OHMORI et al. 1991, SUZUKI et al. 1990).

Az enzimek nyomástűrő képessége a többi fehérjéhez hasonló, azaz az összetett enzimek kevésbé nyomástűrők, mint az egy molekulából állók, valamint reverzibilis vagy irreverzibilis inaktiváció lép fel a nagy nyomás hatására. Az enzimek működésének vagy inaktiválásának főleg nyers húsoknál, a húsok érési folyamatainál van jelentősége. Alacsonyabb, 100 MPa körüli nyomáskezelés az egyszerű enzimek aktiválódását okozhatja, ennek egyik oka, hogy az élelmiszer nyomás miatt sérült szövetei több szubsztrát jelenlétét biztosítják. Az aktiválódást befolyásolja még az enzim típusa, az enzim alegységek szerkezete, a pH és a hőmérséklet. Az előbb említettéknél nagyobb nyomás azonban már az enzimek inaktiválódását okozza. (HENDRICKX et al. 1998) HHP kezeléssel hatékonyan inaktiválhatók a különböző proteáz, katepszin, kalpain, ATP-áz enzimek.

2.2.3. A HHP eljárás hatása a lipioxidációra

A lipioxidáció a húsok és húskészítmények minőségromlásának egyik fő okozója, különösen sertés vagy baromfihúsból készült élelmiszerek esetén, mivel ezekben igen jelentős a telítetlen zsírsavak

aránya. Nemcsak az élelmiszer ízére, hanem a tápértékére (esszenciális zsírsavak, zsírolédékony vitaminok) is káros hatással van. Emellett a peroxidálódó lipidek arányának növekedése egészségügyi kockázatot is jelent, mivel szívkoszorúér betegség és rák kialakulásában is szerepet játszhatnak. A nagy hidrosztatikai nyomás lipidoxidációra gyakorolt hatását Ohshima és munkatársai (1992) tőkehal húson vizsgálták. A nyomáskezelés 200-600 MPa között, 15-30 perc időtartamú volt. Azt tapasztalták, hogy a nyomás növelése és a hosszabb kezelési idő hatására a kivont olaj peroxid száma nőtt. Makrélával folytatott kísérletük hasonló eredményt adott. Cheah és Ledward (1996) olvasztott sertésszirt kezeltek 800 MPa nyomáson, 19°C hőmérsékleten, 20perc időtartamig. A nyomáskezelt mintákat 4, 25 és 50°C-on tárolták. Minden esetben azt tapasztalták, hogy a nagy nyomásnak kitett minták gyorsabban oxidálódtak, mint a kontroll minták.

Általában elmondható, hogy a lipidoxidáció katalízise szobahőmérsékleten 300MPa nyomás körül indul meg. A magas nyomás lipidekre való hatása behatárolhatja a HHP módszer hatékonyságát húsok, húskészítmények kezelésénél. Megfelelő csomagolás és antioxidánsok használata csökkentheti a problémát, de ezen a területen még további kutatások szükségesek (CHEAH, LEDWARD 1996).

2.3. A húskészítmények rövid jellemzése

Húskészítménynek nevezzük a húsipari nyersanyagokból (hús, szalonna, belsőség), jelleg- és ízkialakító anyagok felhasználásával, meghatározott technológiával emberi táplálkozás céljára előállított hústermékeket.

A nyersanyagokon kívül a hústermékek tartalmaznak ízkialakító-, ízesítő anyagokat (só, fűszerek), fehérjekészítményeket és adalékanyagokat.

A só koncentrációja a húskészítményekben általában 2-5% közé tehető. Ízkialakító hatása mellett tartósító szerepe is van, mivel gátolja a mikrobák szaporodását. Húskészítményekben többnyire nitrites sókeveréket használnak.

A fűszereknek szintén ízkialakító és illóolaj tartalmuk miatt csíraölő hatásuk van, de a fogyasztóra nézve pozitív élettani hatással is bírhatnak. A leggyakrabban használt fűszerek között van a bors, pirospaprika, fokhagyma, szegfűbors, szerecsendió, vöröshagyma, köménymag és a majoránna.

A fehérjekészítmények használatával részlegesen helyettesíthetők a húsfehérjék, állományjavító hatás érhető el, valamint a zsírtartalom csökkentése is felhasználásuk okai között van. Állati fehérjék közül használható a tej, bőr és vérfehérje, növényi fehérjeforrásként a szóját használják. Bőrkeből a fehérjetartalomra vonatkoztatva maximum 6%, vér és szójafehérjéből maximum 4% használható.

Az adalékanyagok használatát is törvény szabályozza. A húsiparban engedélyezett legfontosabb adalékanyagok az antioxidánsok (oxidációs romlást gátolják), emulgeáló sók (víz és zsírkötés javítása), ízfokozók (a meglévő ízt felerősítik), stabilizátorok és sűrítőanyagok (állományjavító hatás), valamint a színezékek.

A húskészítmények főbb csoportjait alkotják többek között a vörösáruk, mozaikos húskészítmények, kolbászok, szalámifélék, hússajtok, kenhető készítmények, valamint a különböző pácolt, főtt, füstölt termékek.

(Országos Húsipari Kutatóintézet)

3. Célkitűzés

A nagy hidrosztatikai nyomású tartósítási eljárás húsipari alkalmazása növekvő tendenciát mutat, azonban a módszer fiatalságából adódóan az ipari alkalmazás területén még nem áll rendelkezésre elegendő tapasztalat. Az eljárás élelmiszer összetevőkre gyakorolt hatása a húskészítmények típusától függően eltérő lehet, ezért több szempontból lehetséges és szükséges a HHP módszer termék-specifikus vizsgálata.

A húskészítmények egyik legnagyobb csoportját alkotják a hőkezelt töltelékes készítmények, ezen belül a hazánkban jellemzően előforduló, húspépen alapuló különböző felvágottak, vörösáruk, illetve kolbászok. A termékek legfőbb közös pontja, hogy összetevőik közül a húspép aránya a legnagyobb. Az igen finomra, pépesre aprított hús-szalonna-víz elegy meghatározó jelentőségű a termékek íz, szín és állomány kialakításánál. Az iparban húskészítmények gyártásakor eltérő hús-zsír arányú alapanyagokat alkalmaznak technológiai funkció és gazdasági szempontok függvényében.

A nagy hidrosztatikai nyomású tartósítási eljárás következtében a kedvező mikrobiológiai hatás mellett a készítmények összetevőiben is változások mehetnek végbe. Ezeknek pontos ismerete gyártástechnológiai és fogyasztói szempontból egyaránt meghatározó.

Ezért dolgozatom céljaként tűztem ki a HHP eljárás hatásának vizsgálatát a különböző hús-zsír arányú húskészítmény-modellanyagok fizikai, kémiai és érzékszervi jellemzőire. Ezzel együtt vizsgáltam a HHP kezelés hatását a hazai húsipar jellemző fűszerére, az őrölt fűszerpaprikára, annak íze és színe szempontjából.

Ennek megfelelően célom vizsgálni a hús piros színét biztosító globuláris fehérje, a mioglobin nagy nyomás hatására bekövetkező esetleges denaturációja okozta **színelváltozást**, továbbá a nyomáskezelés okozta **lipidoxidáció mértékét**, valamint az érzékszervi tulajdonságokban bekövetkező változásokat, amely a **termék ízének, megjelenésének, állományának változását** jelenti.

4. Anyagok és módszerek

4.1. A húskészítmény-modellanyagok

4.1.1. A modellanyagok előkészítése

Vizsgálataim tárgyaként nem tényleges húskészítményt alkalmaztam, hanem a töltelékes húskészítményeket általánosan megtestesítő, a termékcsoporthoz főbb jellemzőivel bíró modellanyagokat készítettem. Ezekhez sovány sertés combhúst, ipari szalonnát, valamint étkezési sertészsírt használtam fel. A modellanyagok különböző hús-zsír arányú húspépek és egy sertészsír alapú mintasor voltak, amelyekbe különböző koncentrációban kevertem a hazai húskészítmények egyik jellegzetes fűszerét, az őrölt fűszerpaprikát.

Ezek alapján a következő összetételű mintákat készítettem el:

- 40% hús – 60% szalonna
- 60% hús – 40% szalonna
- 80% hús – 20% szalonna
- 100% étkezési sertészsír

A különböző hús-zsír arányú mintákba a tömegükre vonatkoztatott 1; 2; 3; és 4%-ban kevertem az őrölt fűszerpaprikát.

A minták előkészítésénél a húst és a szalonnát darabokra vágtam és ledaráltam, majd a finomaprítást asztali kutterrel végeztem. A húspép és sertészsír mintáknál egyaránt a paprika homogenizálása is a kutterrel történt (8.ábra).



8. ábra A darált hús és ipari szalonna alapanyagok

Az így elkészült mintasorokat két részre osztottam: a nyomáskezelésre szánt HHP, valamint a kezeltetlen kontroll mintákra. Az egyes mintákat fólia tasakokba helyeztem és vákuumcsomagoltam. Mivel a mintákat négy hetes tárolási próbának is alávettem, az összes hús-zsír arányú és paprika koncentrációjú mintát öt részletben csomagoltam le, és így vizsgáltam őket a 0-ik, majd 1.; 2.; 3. és 4. héten.

4.1.2. A HHP kezelés

A HHP kezelés hatékonyságát az élelmiszer összetevői és szerkezete mellett nagymértékben befolyásolja az alkalmazott hidrosztatikai nyomás nagysága, a nyomáskezelés időtartama és a nyomáskezelés hatására fellépő hőmérsékletváltozás. Jól látható, hogy ezen paraméterek változtatásával és különböző kombinációk beállításával igen sokféleképpen alakíthatók a nyomáskezelés körülményei.



9. ábra A RESATO FPU-100-2010 nagy hidrosztatikai nyomású berendezést

Vizsgálataimhoz olyan kezelési beállítást választottam, amely önmagában jól reprezentálja az ipari alkalmazásnál fellépő körülményeket és hatásokat. A nyomáskezelést minden esetben **600 MPa** nyomáson, **5 perc** időtartamig végeztem. Ez a gyakorlati alkalmazásban már a nagynyomású eljárás felső határait közelíti. Feltételeztem, hogy ilyen kezelési paraméterek mellett már jól megmutatkoznak a HHP kezelés termékre gyakorolt hatásai.

A nyomáskezelés az országban jelenleg egyedülálló, az egyetem tulajdonában lévő **RESATO FPU-100-2010** típusú berendezéssel történt (9.ábra). A gép nagylaboratóriumi, kísérleti célokat szolgál, azonban 2 dm³ térfogatú nyomáskamrája lehetővé teszi nagyobb méretű minták, akár egész termékek nyomáskezelését is.

4.1.3. A modellanyagok tárolása

A nyomáskezelt és kontroll mintákat négy hetes tárolási próbának vetettem alá, miközben a minták színváltozásának, lipioxidációjának és érzékszervi tulajdonságainak változásának mértékét

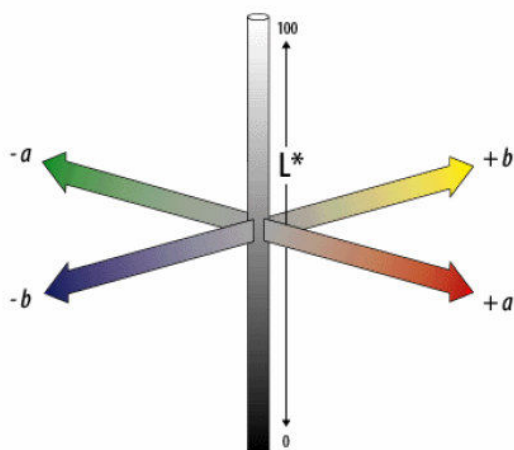
vizsgáltam az idő előrehaladtával. Az első mérést közvetlenül a kezelés után, majd a további vizsgálatokat hetente végeztem.

A tárolási hőmérséklet megválasztását a minták fogyaszthatósága határozta meg. Az íz vizsgálatához szükséges érzékszervi minősítés a minták kóstonásával történt, így lényeges volt, hogy az alapvetően romlékony húspép alapú minták biztonsággal fogyaszthatók maradjanak. Ezért a húspépeket fagyasztva, -18°C-on, míg a zsír mintasort 5°C-on tároltam.

4.2. A kísérletek során alkalmazott módszerek

4.2.1. Színmérés

A minták színváltozásának mérését a reflexiós mérésre alkalmas **Minolta CR-200** típusú tristimulusos színmérő készülékkel végeztem. A műszer a mérések eredményét a CIELAB rendszer szerint adja meg, így mértem a minták világossági tényezőjét (L^*), a vörös-zöld színezetre jellemző a^* , illetve a sárga-kék színezetre jellemző b^* értékeket (10.ábra).



10. ábra A CIELAB színtér értelmezése és a Minolta CR-200 színmérő készülék

A mérési eredményekből számoltam az egyes kezelt és kontroll mintapárok színinger különbségét (ΔE^*) az ábrán szereplő összefüggés alapján. Tapasztalati úton meghatározhatók olyan számolt színinger különbség tartományok, amelyek megfeleltethetők az emberi szem által érzékelt színváltozásnak (11.ábra).

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

ΔE^*	Érzékelt különbség
0 - 0,5	nem vehető észre
0,5 - 1,5	alig vehető észre
1,5 - 3,0	észrevehető
3,0 - 6,0	jól látható
6,0 - 12,0	nagy

11. ábra A színinger különbség számolása és a szemmel érzékelhető színkülönbségek

A modellanyagok jellege nem tette lehetővé, hogy a mérőfej közvetlenül a mintához érjen, ezért a méréseket a fej egység és a minta közé helyezett átlátszó műanyag fólián keresztül végeztem. A torzított mérési eredmények kiküszöbölése érdekében a mérések előtt a műszer kalibrációja is a fehér etalon próbatestre helyezett fólián keresztül történt.

Minden minta esetében, az összes mérési alkalomnál 3-3 párhuzamos színmerést végeztem.

4.2.2. Lipidoxidáció mértékének meghatározása

A minták avasodásának vizsgálatánál a **TBA-szám** meghatározás módszerét alkalmaztam. Az eljárás alapja, hogy a lipid-peroxidáció előrehaladását jól jellemzi a minta malon-dialdehid koncentrációja, amelynek meghatározásával számszerűsíthető az avasodás mértéke.

A TBA-szám meghatározás lényege, hogy a tiobarbitursav savas közegben kondenzációs reakcióba lép a malon-dialdehiddel és az azzal ekvivalens anyagokkal. A reakció során színanyag képződik, amelynek fényelnyelése jellemzi a malon-dialdehid koncentrációt. A fényelnyelést spektrofotometriás úton, 532 nm-en mérjük, vakpróbával szemben. A kapott abszorbancia értékekből a mg-ban kifejezett malon-dialdehid tartalmat tetraetoxi-propánnal készült kalibrációs egyenes segítségével számoljuk. Minden minta esetén 3-3 párhuzamos mérést végeztem. A laboratóriumi vizsgálat részletes menetét az **1. számú melléklet** tartalmazza.

4.2.3. Érzékszervi vizsgálatok

Az objektív műszeres vizsgálatokat érzékszervi minősítéssel egészítettem ki. Az érzékszervi bírálat kiterjedt a minták **színére**, **ízére** és **állományára**. Az értékelés leíró módszerrel történt.

A minták **színét** illetően összehasonlítottam, hogy a szemmel érzékelhető színváltozás megfelel-e a műszeres színmérés eredményeinek.

Az **íz** bírálatához szükséges volt az egyes mintákat megkóstolni, ezért a húspép modellanyagok esetében elengedhetetlen volt azok hőkezelése. Minden esetben közel azonos, 25-30 g tömegű részt vettem ki a mintákból, amelyeket formázás után növényi olajon serpenyőben kisütöttem. A húspogácsák sütése 73°C maghőmérséklet eléréséig történt.

A modellanyagok **állományát** a hőkezelés előtt és után is megfigyeltem. Az értékelési szempontok közé tartozott a HHP és kontroll modellanyag párok keménysége, omlóssága, illetve lédúsága, valamint hogy a különböző hús-zsír arány miként befolyásolja ezeket a tényezőket.

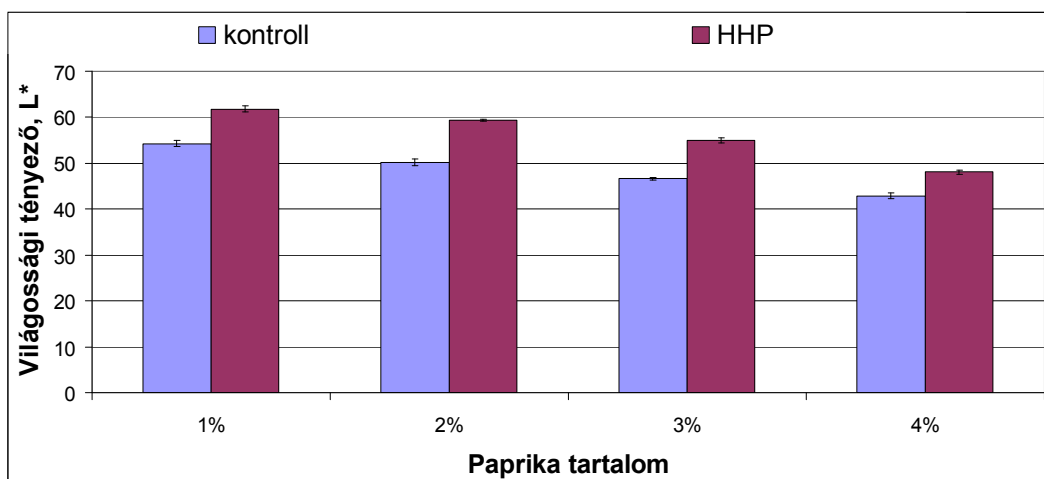
5. Eredmények és értékelésük

A következőkben ismertetem a három fő vizsgálati terület, így a színmérés, a TBA-szám meghatározás és az érzékszervi bírálat eredményeit. Az egyes vizsgálati módszereknél először a közvetlenül a HHP kezelés utáni, majd a négy hetes tárolási próba mérési eredményeit mutatom be.

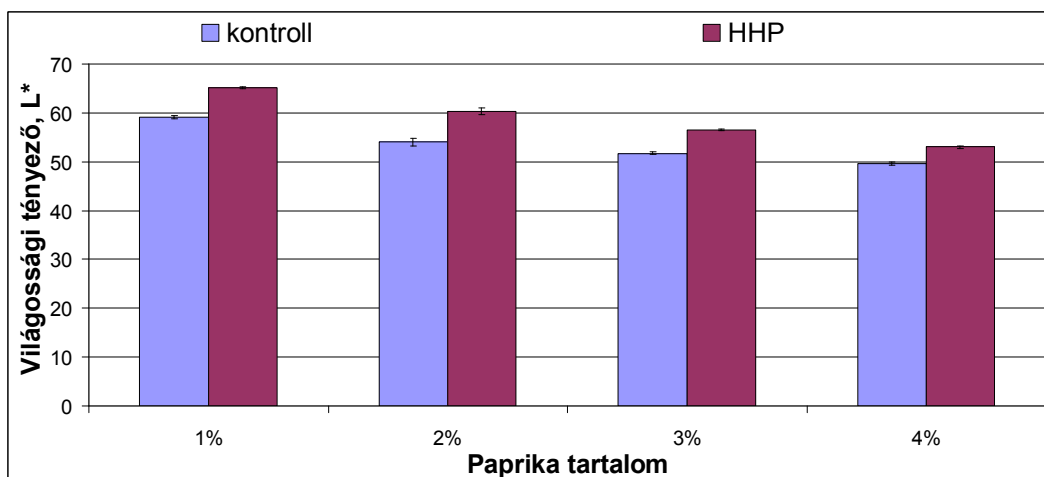
5.1. Színmérés

5.1.1. Színváltozás a nyomáskezelés hatására

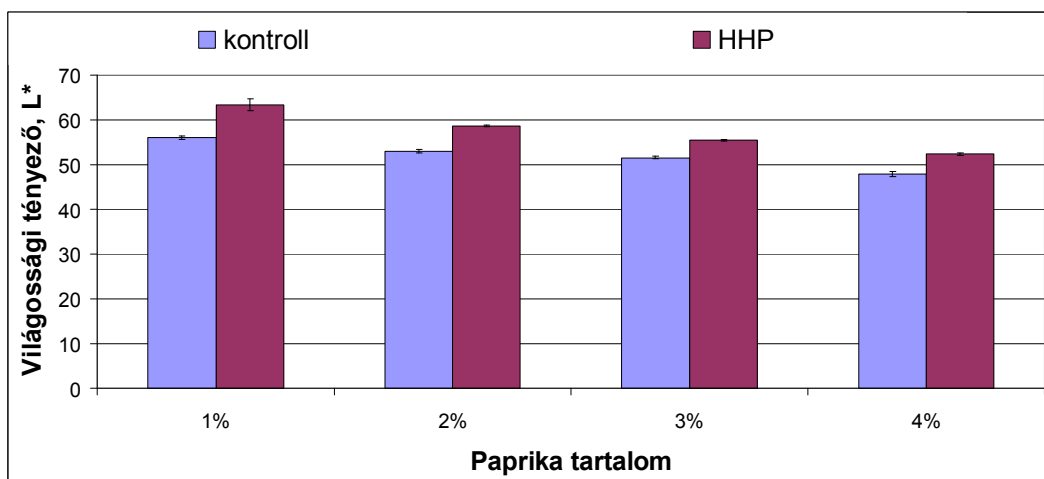
A következőkben diagramokon ábrázolom a különböző hús-zsír arányú kontroll és HHP mintasorok színjellemzőinek alakulását a minták paprika tartalmának függvényében.



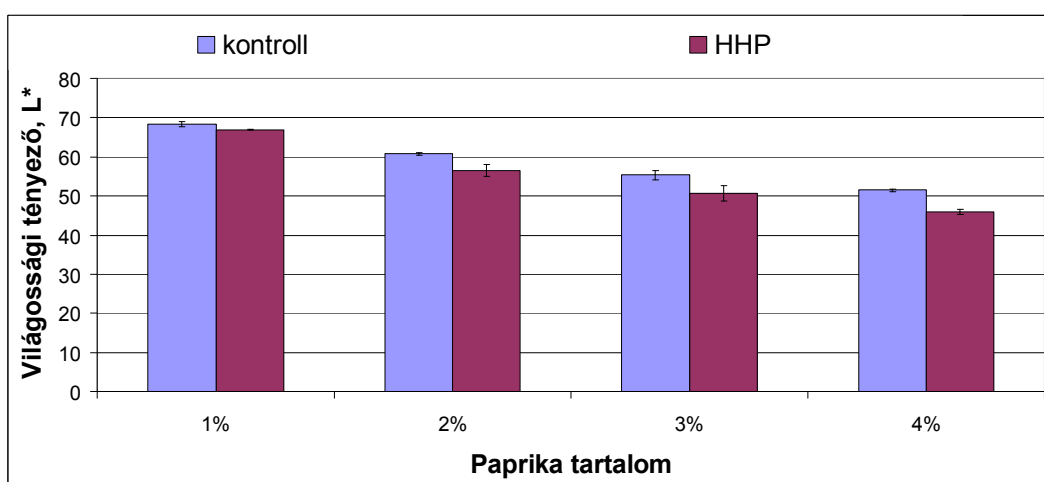
12. ábra A 40% hús – 60% szalonna tartalmú húspép mintasor világossági tényezőjének változása a HHP kezelés hatására



13. ábra A 60% hús – 40% szalonna tartalmú húspép mintasor világossági tényezőjének változása a HHP kezelés hatására



14. ábra A 80% hús – 20% szalonna tartalmú húspép mintasor világossági tényezőjének változása a HHP kezelés hatására

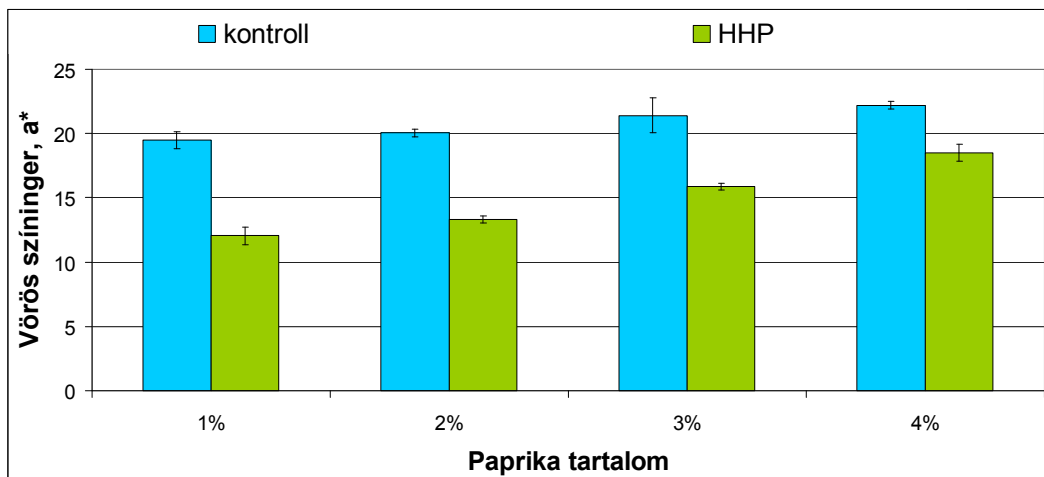


15. ábra A zsír alapú mintasor világossági tényezőjének változása a HHP kezelés hatására

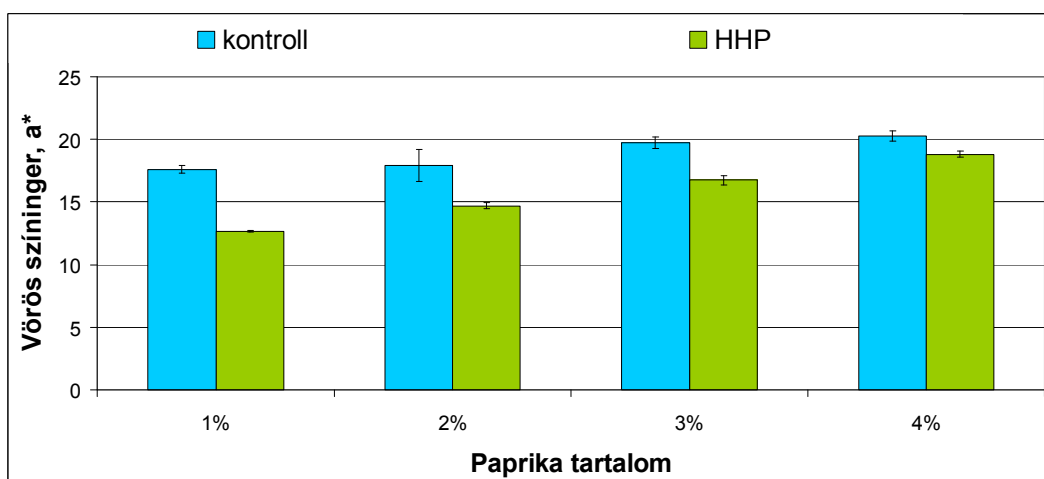
A három különböző összetételű húspép mintasor színváltozása a főbb tendenciákat tekintve hasonlóan alakult, ettől többször eltérően viselkedtek a zsír alapú minták.

A kezelések hatására a húspépek **világossági tényezője** a paprika-tartalom növelésével egyre inkább csökkent, azaz a növekvő paprika koncentráció a minták sötétedését eredményezte. Ez a kontroll és HHP minták esetében egyaránt megfigyelhető. *A nyomáskezelésen átesett húspép minták világossági tényezője a 40/60, a 60/40 és a 80/20% hús-zsír arányú mintasoroknál kismértékben csökkent, tehát a nyomáskezelés hatására a húspép minták világosabbá, fakóbbá váltak.* A különböző hús-zsír arányú mintasorok között a világosodás mértékében eltérés figyelhető meg. A hústartalom csökkentésével a világosodás mértéke is egyre kisebbé vált, mivel így azonos mennyiségű mintában kevesebb fehérje denaturálódott. (12.; 13; 14.ábra)

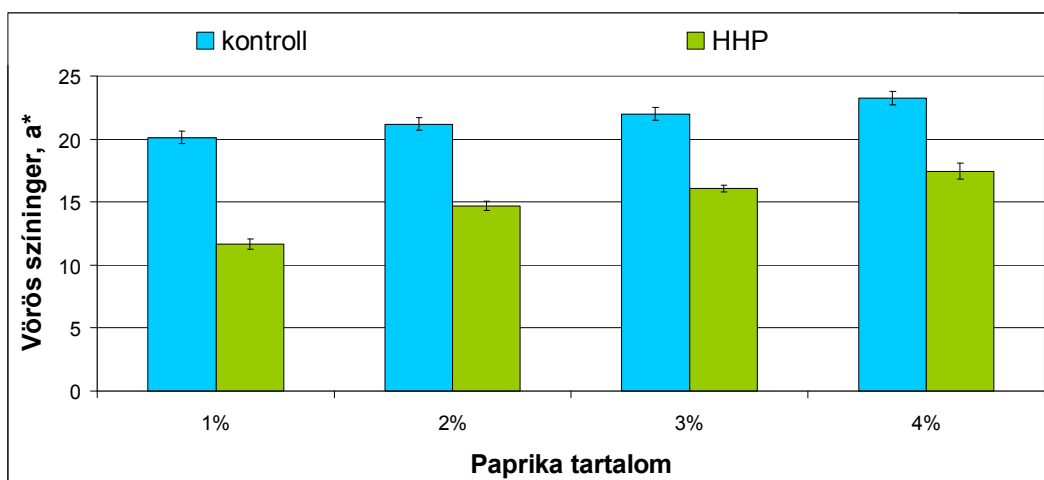
A zsír alapú minták világossági tényezője a paprika tartalom szempontjából a húspépekhez hasonlóan alakult, tehát a nagyobb paprika tartalom az L* érték csökkenését eredményezte. Azonban a húspépekkel ellentétben *a nyomáskezelés hatására a zsír alapú minták világossági tényezője csökkent, bár nem jelentős mértékben* (15.ábra).



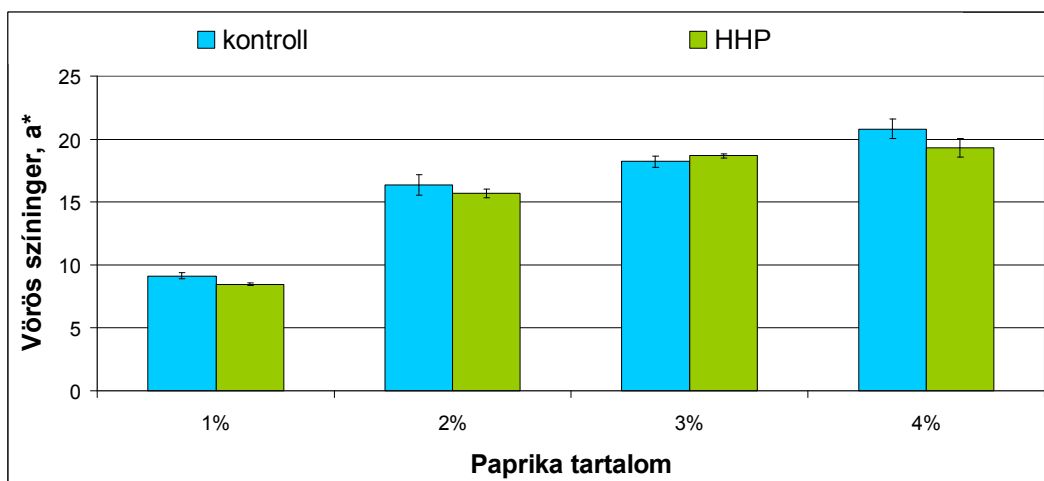
16. ábra A 40% hús – 60% szalonna tartalmú húspép mintasor vörös színintenzitásának változása a HHP kezelés hatására



17. ábra A 60% hús – 40% szalonna tartalmú húspép mintasor vörös színintenzitásának változása a HHP kezelés hatására



18. ábra A 80% hús – 20% szalonna tartalmú húspép mintasor vörös színintenzitásának változása a HHP kezelés hatására



19. ábra A zsír alapú mintasor vörös színintenzitásának változása a HHP kezelés hatására

A **vörös színínger** változását szintén befolyásolta a minták paprika tartalma és a nyomáskezelés is. A paprika mennyiségének növelésével a húspép mintasoroknál együtt járt az a^* érték növekedése, azaz a vörös színintenzitás fokozódása. Ez a fűszerpaprika élénkvörös színének köszönhető. *A nyomáskezelés hatására a húspép mintasorok vörös színintenzitás jelentősen csökkent. A húsfehérjék, így a húsok vörös színéért felelős mioglobin nagy nyomás hatására bekövetkező részleges vagy teljes denaturációja a húsok, ez esetben pedig a húspép minták színének elváltozását okozhatja.* A kezelés hatására bekövetkezett változás mértéke a paprika tartalom növekedésével egyre inkább csökkent. (16.; 17; 18.ábra)

A zsír alapú minták esetében is a paprika tartalom növelése az a^* értékének növekedését vonja maga után. *A nyomáskezelés azonban nincs jelentős hatással a húsfehérjéket nem tartalmazó zsír minták vörös színintenzitására.* Ez alátámaszthatja az előbbi megállapítást, miszerint *a nyomáskezelésből adódó vörös színínger csökkenés fehérje denaturációnak köszönhető, és a HHP eljárás a paprika színt nem befolyásolja* (19.ábra).

A **sárga színintenzitás értékeit a 2. számú melléklet** tartalmazza. A sárga színínger tekintetében a húspép és a zsír minták hasonló eredményeket mutattak. A mintasorok b^* értéke minden esetben pozitív értéket vett fel, tehát a sárga-kék színt komponens szempontjából a sárga színínger volt meghatározó. A zsír minták sárga színezete intenzívebb volt a húspép mintáénál.

A HHP kezelés sárga színintenzitásra való hatása mind a húspép, mind a zsír alapú mintasorok esetében kismértékű volt. A zsíroknál bekövetkezett változás jelentéktelennek tekinthető. Valódi termék esetén a HHP kezelés hatására végbemenő elenyésző mértékű sárga színínger változás előnyösnek mondható, mivel így a színínger különbséget (ΔE^*) a b^* értéke alig növeli.

A mért színjellemzőkből minden mintatípus esetén számoltam a kontroll és nyomáskezelt minták közötti **színinger különbséget**. A következő táblázat tartalmazza az egyes mintapárokhoz tartozó ΔE^* értékeket (1.táblázat).

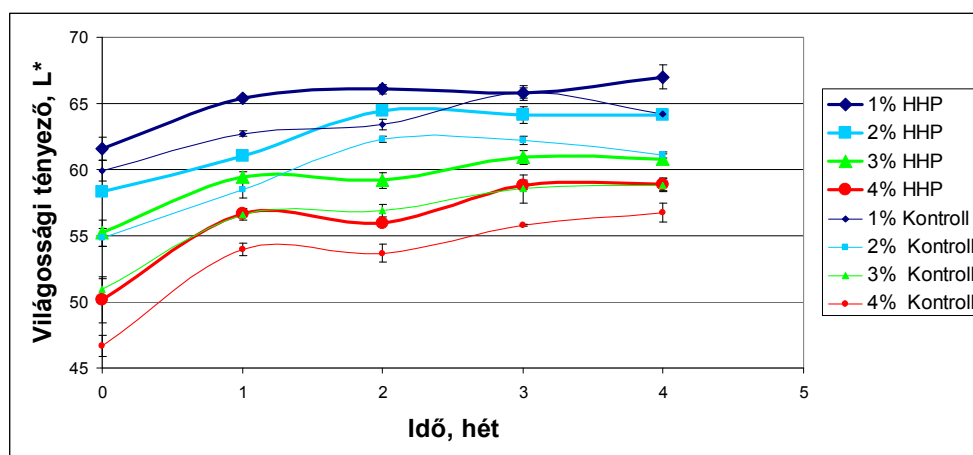
1. táblázat A kontroll és HHP modellanyagok színinger különbség értékei

ΔE^* érték változása				
Paprika tartalom	Zsír	40% hús - 60% szalonna	60% hús - 40% szalonna	80% hús - 20% szalonna
1%	1,67	10,84	7,73	11,20
2%	4,65	11,35	7,04	8,54
3%	4,97	10,27	5,69	7,17
4%	6,43	6,69	3,95	7,37

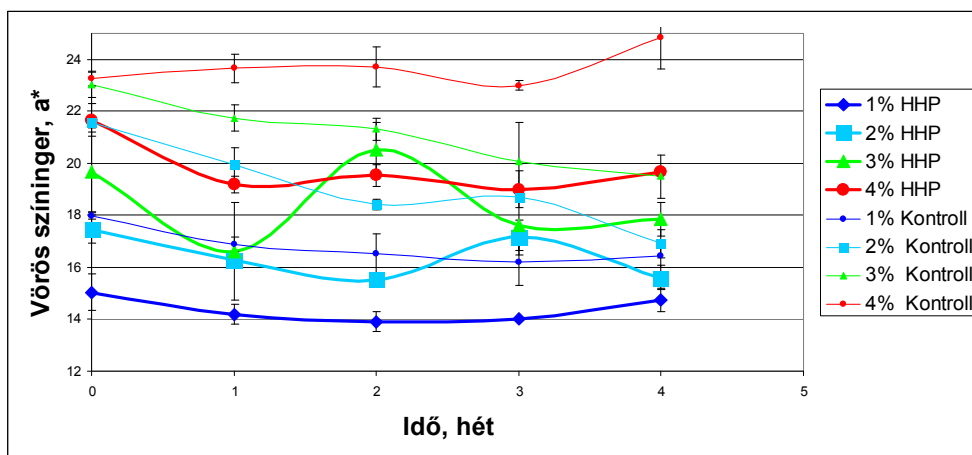
Az eredményekből megállapítható, hogy **a HHP kezelés leginkább a fehérjét tartalmazó minták színét változtatja meg**. Ez alátámasztja a feltételezést, miszerint a modellanyagok színváltozását a nagy nyomás hatására bekövetkezett fehérje denaturáció okozta. A táblázatban szintén megfigyelhető, hogy a paprika tartalom növekedésével a színinger különbség értéke csökken. Korábban hasonló összefüggést figyeltem meg az L^* , illetve a^* színjellemzők és a paprika koncentráció között, és ezek befolyásolták ilyen módon a ΔE^* értékek alakulását.

5.1.2. Színmérés a tárolási próba során

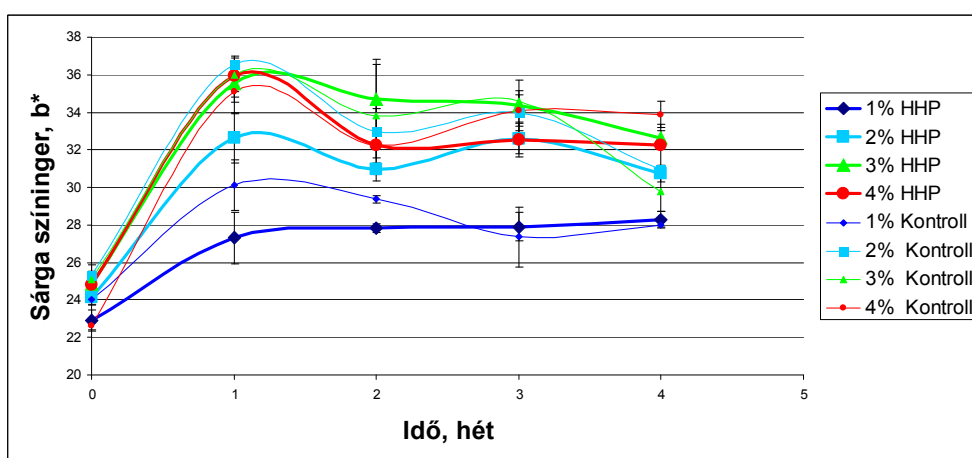
A tárolási próba színmérés eredményeit a húspép és zsír alapú modellanyagok esetében külön ismertetem. A négy hetes vizsgálat során is jellemző volt, hogy a különböző összetételű húspép modellanyagok színjellemzői hasonlóképpen alakultak, ezektől némileg eltérően viselkedett a zsír alapú mintasor.



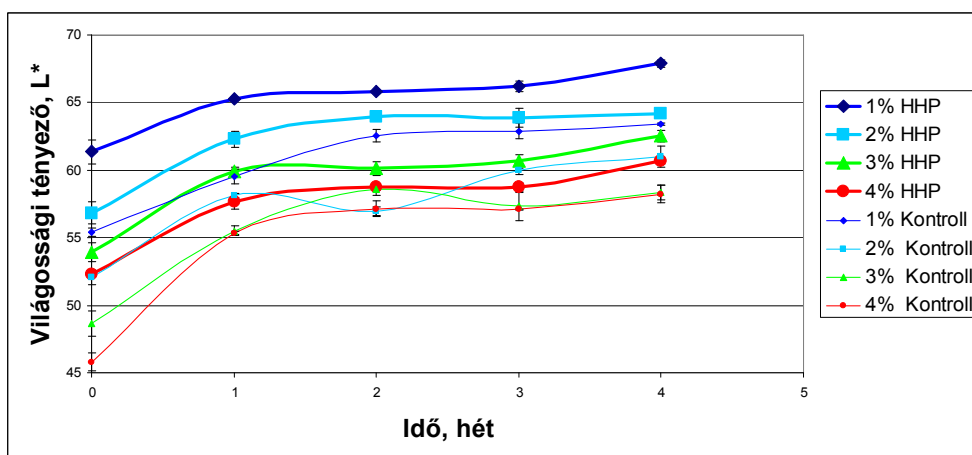
20. ábra A 40% hús – 60% szalonna, 1; 2; 3 és 4% paprika tartalmú húspép minták világossági tényezőjének változása a tárolás során



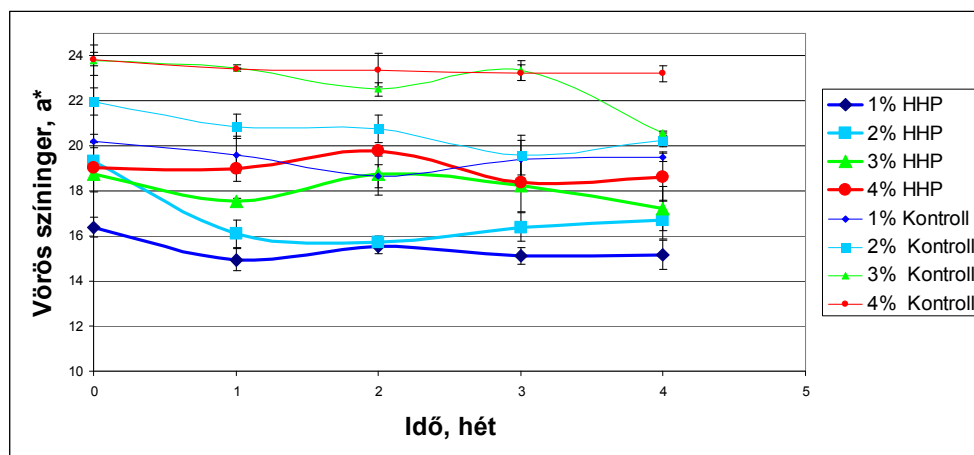
21. ábra A 40% hús – 60% szalonna, 1; 2; 3 és 4% paprika tartalmú húspép minták vörös színintenzitásának változása a tárolás során



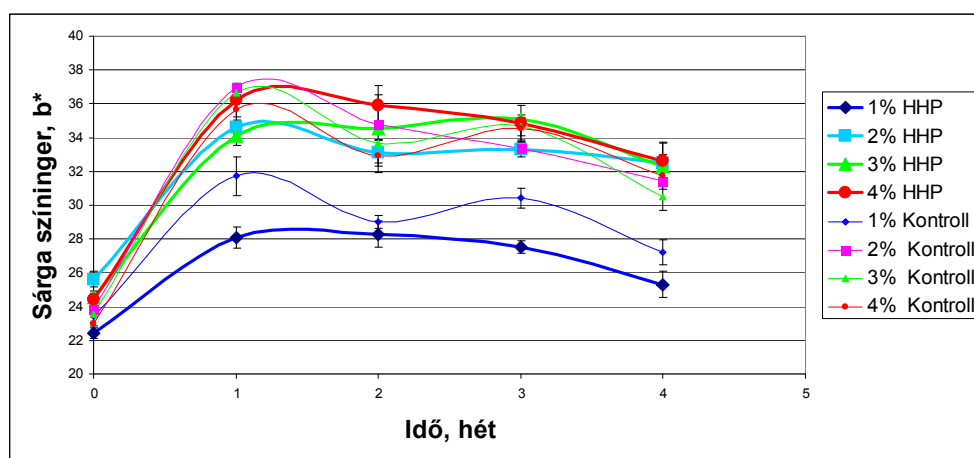
22. ábra A 40% hús – 60% szalonna, 1; 2; 3 és 4% paprika tartalmú húspép minták sárga színintenzitásának változása a tárolás során



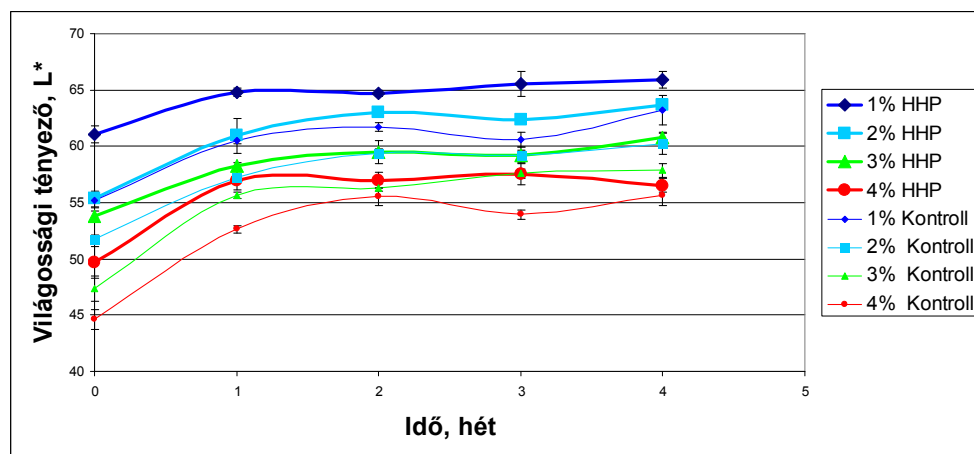
23. ábra A 60% hús – 40% szalonna, 1; 2; 3 és 4% paprika tartalmú húspép minták világossági tényezőjének változása a tárolás során



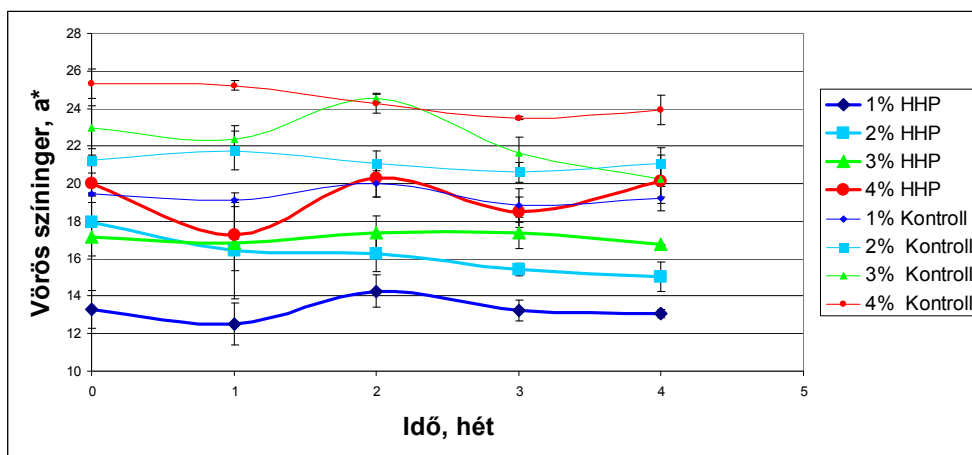
24. ábra A 60% hús – 40% szalonna, 1; 2; 3 és 4% paprika tartalmú húspép minták vörös színintenzitásának változása a tárolás során



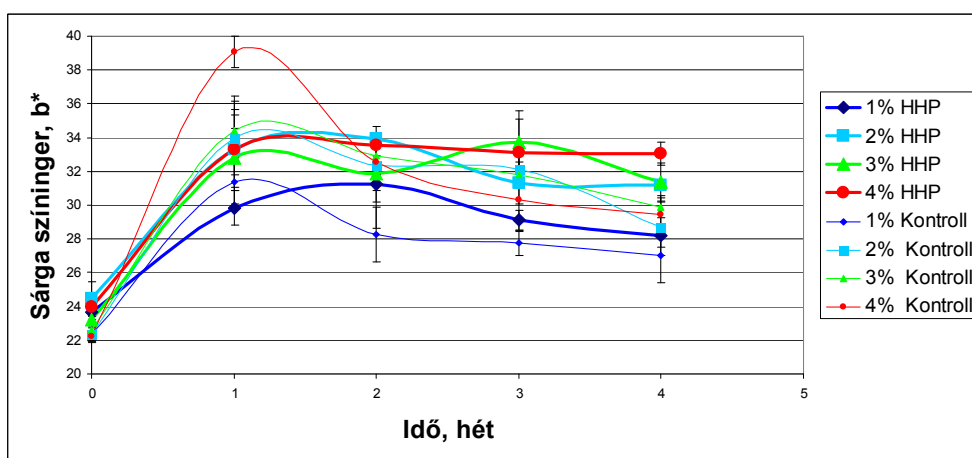
25. ábra A 60% hús – 40% szalonna, 1; 2; 3 és 4% paprika tartalmú húspép minták sárga színintenzitásának változása a tárolás során



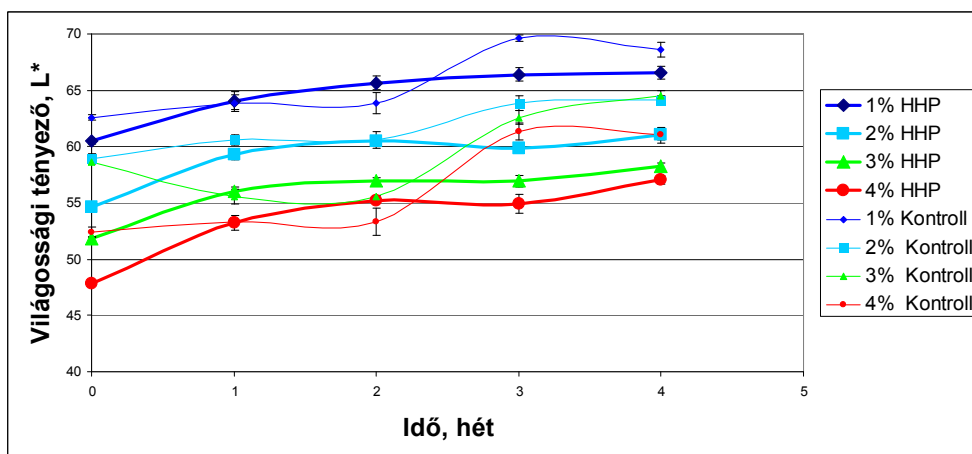
26. ábra A 80% hús – 20% szalonna, 1; 2; 3 és 4% paprika tartalmú húspép minták világossági tényezőjének változása a tárolás során



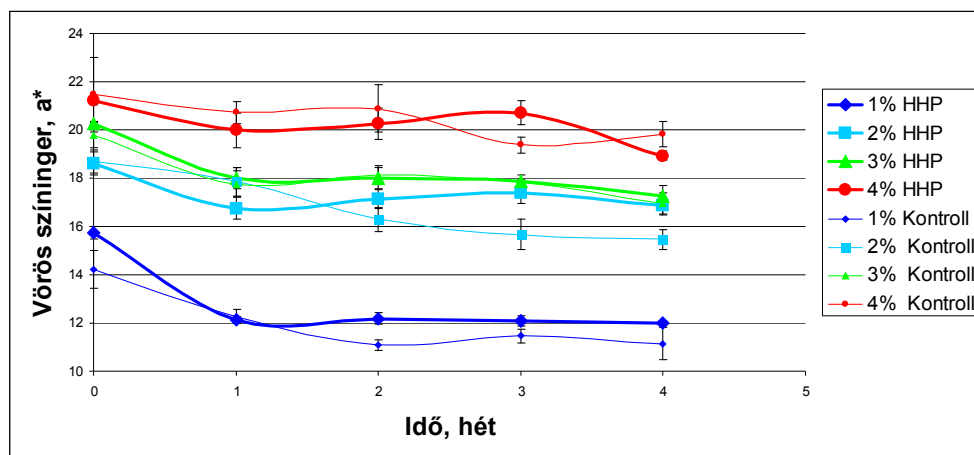
27. ábra A 80% hús – 20% szalonna, 1; 2; 3 és 4% paprika tartalmú húspép minták vörös színintenzitásának változása a tárolás során



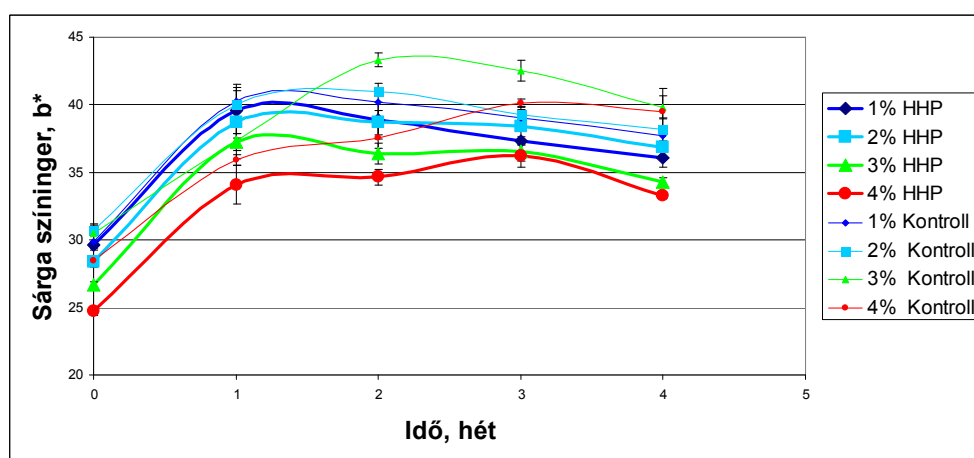
28. ábra A 80% hús – 20% szalonna, 1; 2; 3 és 4% paprika tartalmú húspép minták sárga színintenzitásának változása a tárolás során



29. ábra A zsír alapú, 1; 2; 3 és 4% paprika tartalmú minták világossági tényezőjének változása a tárolás során



30. ábra A zsír alapú, 1; 2; 3 és 4% paprika tartalmú minták vörös színintenzitásának változása a tárolás során



31. ábra A zsír alapú, 1; 2; 3 és 4% paprika tartalmú minták sárga színintenzitásának változása a tárolás során

A **húspép alapú modellanyagok** esetében a **világossági tényező** tekintetében a tárolás során továbbra is érvényes maradt, hogy a nagyobb paprika tartalom kisebb L^* értéket eredményez, a nyomáskezelt minták pedig minden esetben világosabbak a kezeletleneknél. **A négy hetes tárolás során $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on a világossági tényező növekedett, tehát a minták egyre világosabbá váltak.** (20.; 23.; 26.ábra)

A **vörös színintenzitás** hasonlóan a 0. mérési alkalomhoz a paprika koncentráció növelésével együtt növekszik, a nyomáskezelt minták a^* értéke pedig minden esetben kisebb a kezeletleneknél. A tárolás során megfigyelhető, hogy a vörös színínger értéke az egyes mérések között ingadozott, de a kezdeti és a végső állapotot tekintve a nyomáskezelt és a kontroll minták esetében egyaránt az a^* érték kismértékben csökkent. **Tehát a négy hetes tárolás során a húspép alapú minták vörös színintenzitása csökkent.** (21.; 24.; 27.ábra)

A **sárga színínger** tekintetében a nyomáskezelés nem okozott jelentős változást, ez elsősorban a húspép minták ide tartozó diagramjain a 0. mérési időpont eredményeinél is jól látható. A tárolás

során a kontroll és nyomáskezelt mintáknál egyaránt megfigyelhető, hogy a nyomáskezelés utáni első héten hirtelen emelkedés történt a minták sárga színintenzitásában. Ezután a következő három hét során az b^* érték kisebb mértékben, de csökkenő tendenciát mutatott. A 0. és a 4. hét eredményeit összehasonlítva azonban kijelenthető, hogy *az egy hónapos tárolás során a különböző hús-zsír arányú minták sárga színintenzitása növekedett.* (22; 25; 28.ábra)

A **zsír alapú modellanyagok** színjellemzőinek alakulása valamelyest eltért a húspépektől. A 0. mérési alkalomhoz hasonlóan a paprika koncentráció növelése a **világossági tényező** csökkenését, azaz a minták sötétedését eredményezi. Azonban a húspépekkel ellentétben, a nyomáskezelt zsír minták L^* értéke a kontrollhoz képest csökkent. Ez jól megfigyelhető az ide tartozó diagram 0. mérési pontjánál. *A tárolás során a zsír minták világossági tényezője a húspépekhez hasonlóan növekedett.* Mind a négy paprika koncentrációnál megfigyeltem, hogy a kontroll minták L^* értéke a 2. hét után hirtelen emelkedésnek indul, majd a negyedik hétre a kezdeti állapothoz hasonlóan a kontroll minták világossági tényezője a nyomáskezelt felé kerül. (29.ábra)

A négy hetes tárolási próba alatt a zsír alapú modellanyagok vörös színintenzitása a húspép mintákhoz hasonlóan csökkent, a vörös színezet gyengébbé vált. (30.ábra)

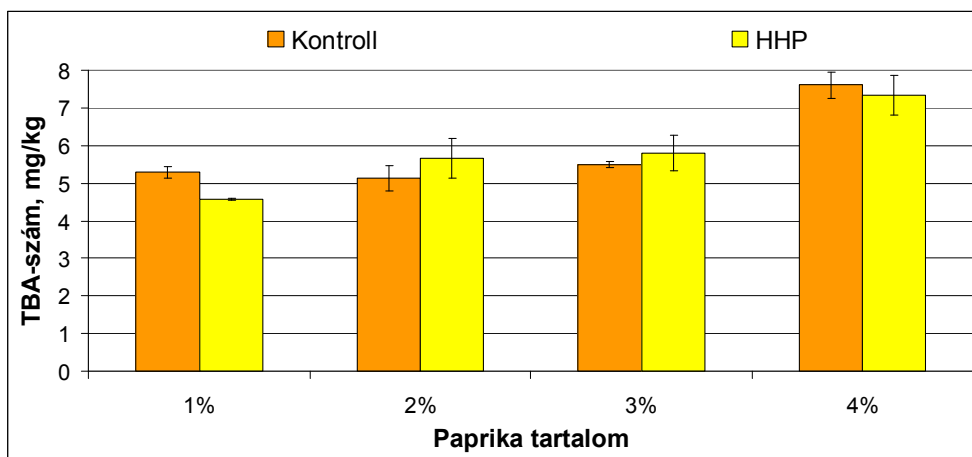
A **sárga színínger** is a húspépeknél megfigyelt módon változott. Az 1. héten a b^* érték meredek emelkedésnek indult, amelyet lassú csökkenő tendencia követett, de összességében a kiindulási értékhez képest a sárga színintenzitás az tárolás során fokozódott. (31.ábra)

5.2. Lipidoxidáció mérése

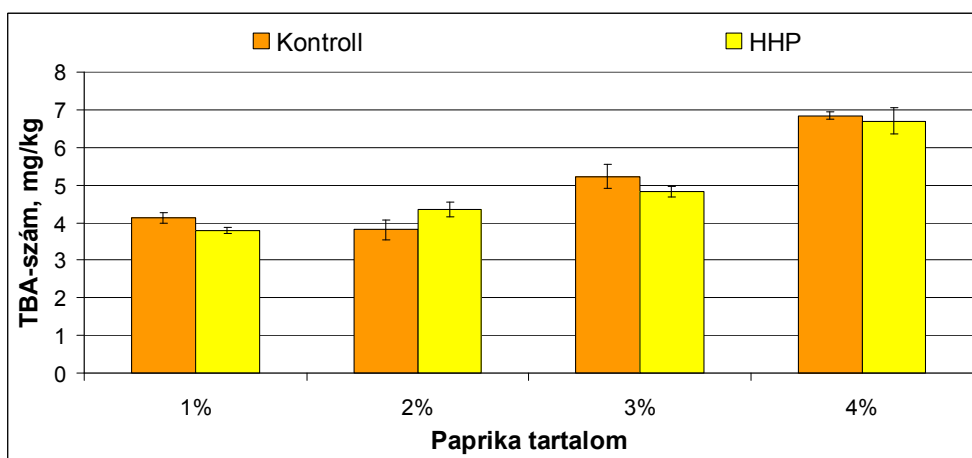
A HHP kezelés által okozott lipidoxidáció változását a paprika tartalom függvényében megismerve, illetve a húsipari készítményekre jellemző paprika tartalmat figyelembe véve a tárolási kísérletsorozatban célzottan a 2 és 3 % paprikát tartalmazó zsír és húspép alapú mintákon végeztem el az avasodás vizsgálatát. A 0.héten az 1 és 4% paprika koncentrációjú minták TBA-számát is meghatároztam.

5.2.1. Lipidoxidáció mérése a nyomáskezelés után

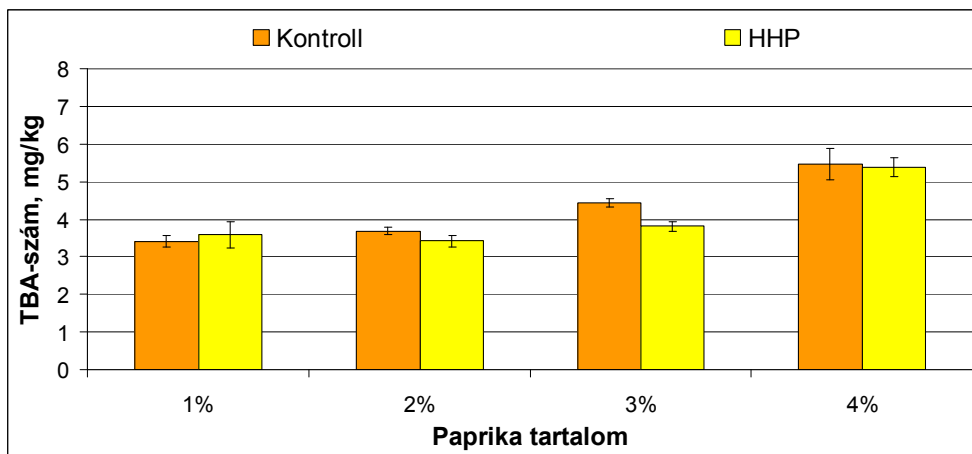
A HHP kezelést követő lipidoxidáció mérések eredményeit a következő ábrák tartalmazzák, amelyeken a paprika tartalom függvényében ábrázoltam a kontroll és HHP minták TBA-számát.



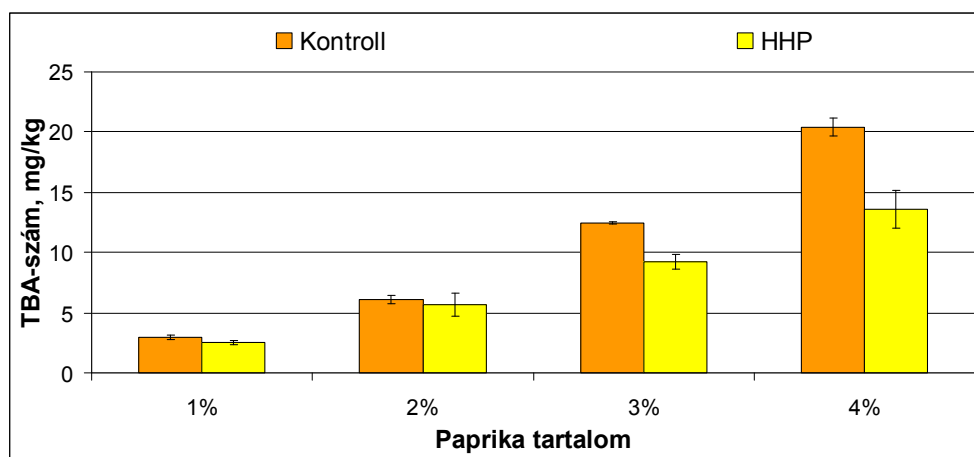
32. ábra A 40% hús, 60% szalonna tartalmú húspép mintasor TBA-száma



33. ábra A 60% hús, 40% szalonna tartalmú húspép mintasor TBA-száma



34. ábra A 80% hús, 20% szalonna tartalmú húspép mintasor TBA-száma



35. ábra Zsír alapú mintasor TBA-száma

A lipidoxidáció mértékét egyértelműen befolyásolta a mintákban található zsír mennyisége.

Megállapítható, hogy *a zsírtartalom növekedésével együtt nőtt a minták TBA-száma*, azaz a mg/kg-ban kifejezett malon-dialdehid koncentráció, amely jól jellemzi az avasodás előrehaladását.

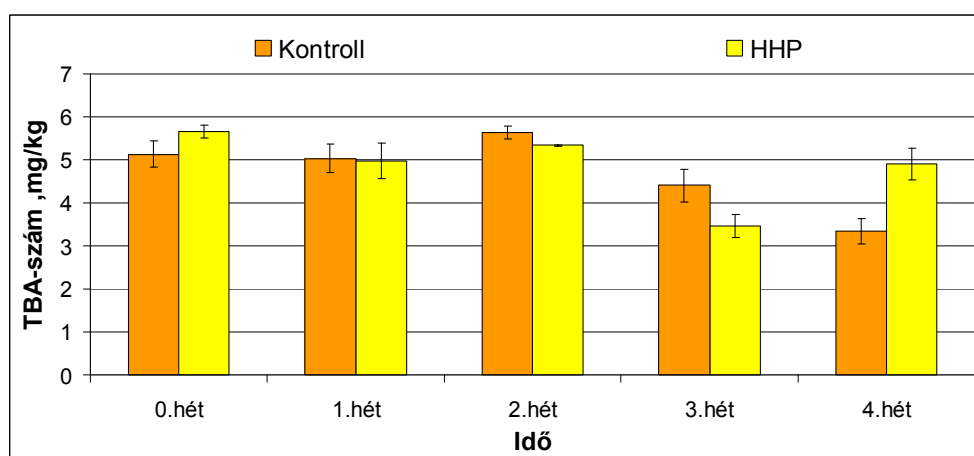
A minták paprika tartalmának függvényében is változást tapasztaltam a TBA-számok alakulásában.

Megfigyelhető, hogy a paprika koncentráció növekedésével együtt kismértékben, de az avasodás mértéke is emelkedett. Ezt a vizsgálatok során részletesebben nem tanulmányoztam, de magyarázat lehet, hogy a paprika olaj magas telítetlen zsírsav tartalma felelős a nagyobb mértékű avasodásért.

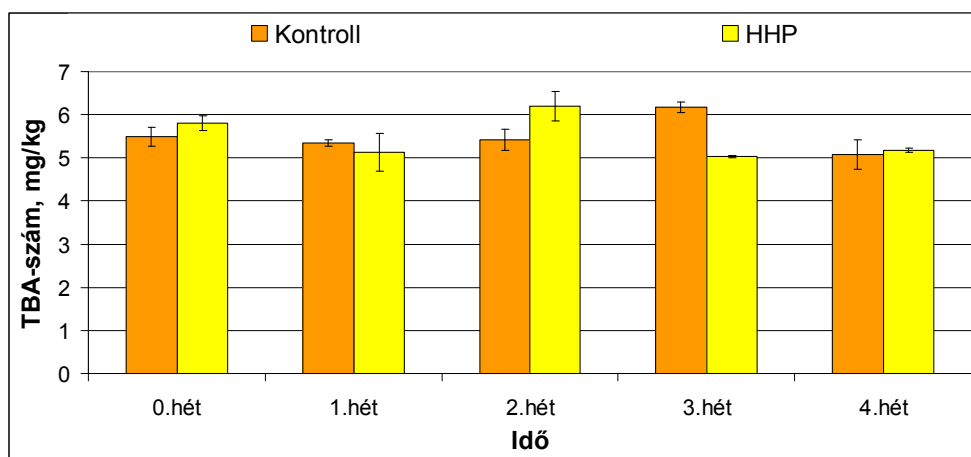
A HHP eljárás közvetlenül a nyomáskezelést követően egyik mintasornál sem eredményezett jelentős változást a lipidoxidáció mértékét illetően (32.; 33.; 34.; 35.ábra)

5.2.2. Lipidoxidáció mérése a tárolási próba során

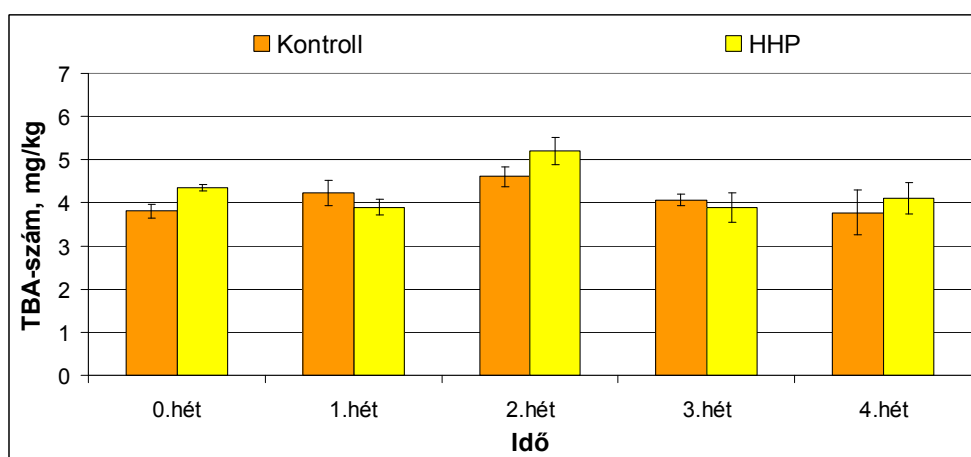
A tárolási próba TBA-szám méréseit a következő ábrák tartalmazzák, amelyekben hús-zsír összetétel és paprika tartalom szerint az idő függvényében ábrázoltam a kontroll-HHP mintapárok TBA-számát.



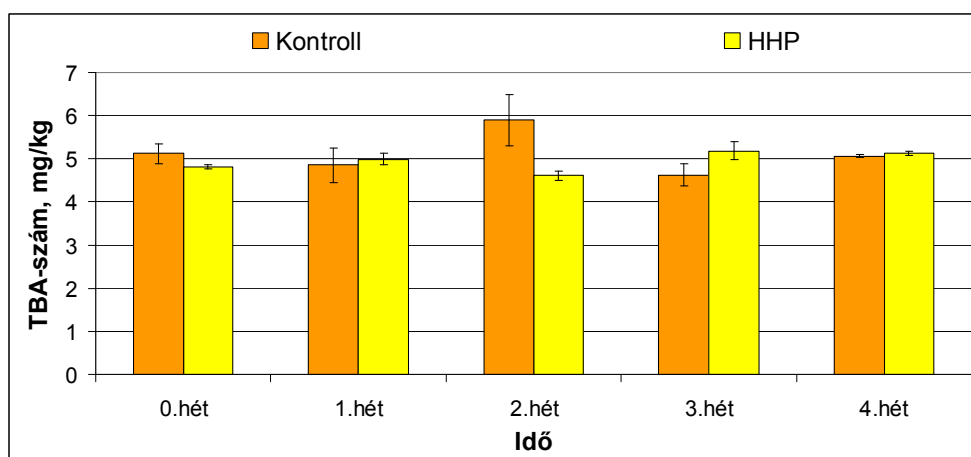
36. ábra 40% hús, 60% szalonna és 2% paprika tartalmú húspép modellanyag lipidoxidációjának változása a tárolás során



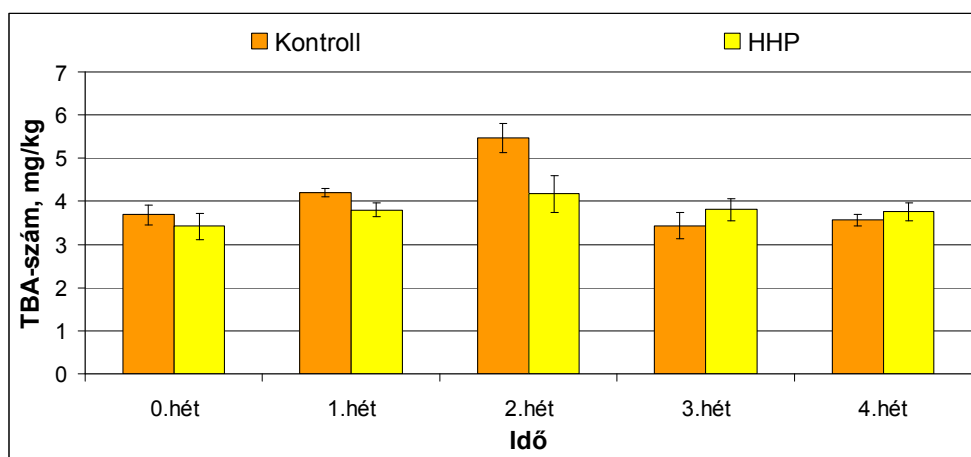
37. ábra 40% hús, 60% szalonna és 3% paprika tartalmú húspép modellanyag lipidoxidációjának változása a tárolás során



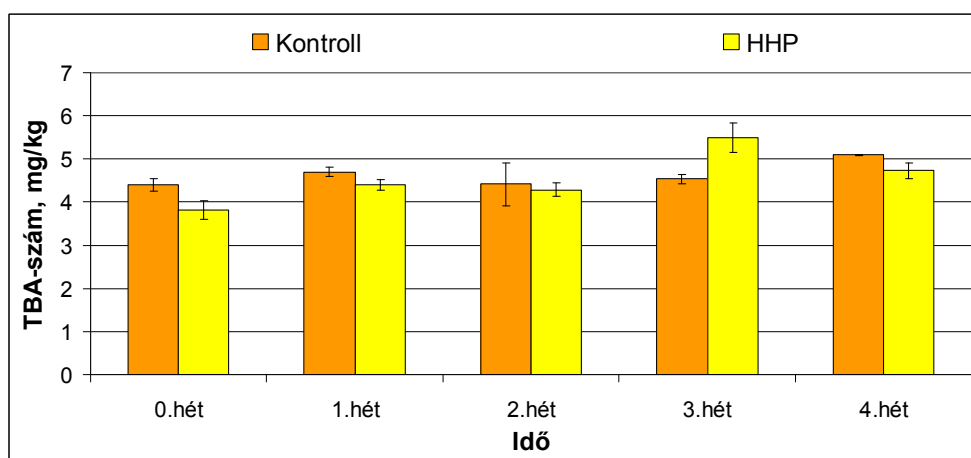
38. ábra 60% hús, 40% szalonna és 2% paprika tartalmú húspép modellanyag lipidoxidációjának változása a tárolás során



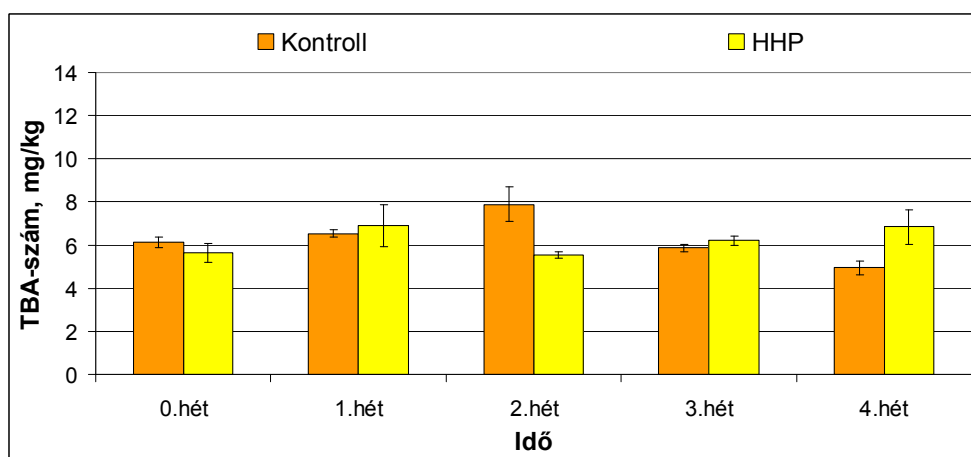
39. ábra 60% hús, 40% szalonna és 3% paprika tartalmú húspép modellanyag lipidoxidációjának változása a tárolás során



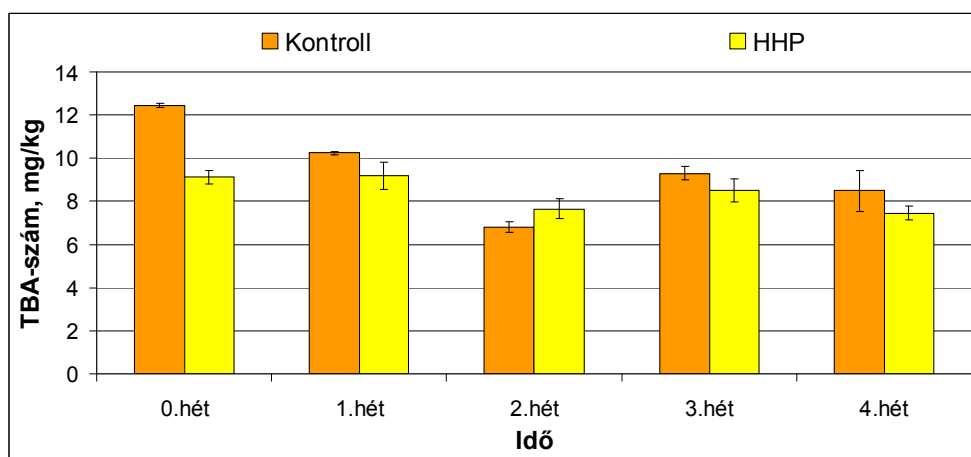
40. ábra 80% hús, 20% szalonna és 2% paprika tartalmú húspép modellanyag lipidoxidációjának változása a tárolás során



41. ábra 80% hús, 20% szalonna és 3% paprika tartalmú húspép modellanyag lipidoxidációjának változása a tárolás során



42. ábra Zsír alapú, 2% paprika tartalmú modellanyag lipidoxidációjának változása a tárolás során



43. ábra Zsír alapú, 3% paprika tartalmú modellanyag lipidoxidációjának változása a tárolás során

A négy hétig tartó tárolási próba során az előzőekben megállapítottak továbbra is érvényesek voltak. A tárolás folyamán sem a kontroll, sem pedig a kezelt minták TBA-száma nem változott szignifikánsan. A mintapárok kontroll és kezelt tagjai közötti TBA-szám különbség terén sem történt érdemleges változás. Ez alapján megállapítottam, hogy ***méréseim szerint a nagy hidrosztatikai nyomású kezelés nem befolyásolja a modellanyagok avasodásának alakulását a 4 hetes tárolás során.*** (36.; 37.; 38.; 39.; 40.; 41.; 42.; 43.ábra)

5.3. Érzékszervi vizsgálatok

A következőkben ismertetem a modellanyagok érzékszervi vizsgálatainak eredményeit. A nagy hidrosztatikai nyomású kezelés valamennyi szempontból észrevehető változást okozott, azonban általánosan elmondható, hogy a 0. héten megfigyeltékhez képest a tárolási próba során nem tapasztaltam jelentős eltérést.

5.3.1. Színváltozás érzékszervi minősítése

A minták színváltozását a műszeres mérés mellett szabad szemmel is megfigyeltem. A húspép és a zsír alapú mintasorok közös tulajdonsága volt, hogy a nagyobb paprika tartalom a minták sötétedését és intenzívebb vörös színét eredményezte. A nyomáskezelés hatására bekövetkező szemmel észlelhető színváltozás azonban a húspép és zsír minták között eltérően alakult.

A nyomáskezelés hatására a húspép modellanyagok szemmel jól látható módon világosabbá, fakóbb színűvé váltak, piros színük veszített intenzitásából. Ezek a tapasztalatok megfelelnek a műszeres mérések eredményeinek, miszerint a húspép minták világossági tényezője a kezelés hatására nőtt, a vörös színintenzitás értéke pedig csökkent. Ezzel szemben ***a zsír mintasornál nem tapasztaltam a HHP kezelés okozta szemmel látható elváltozást*** (44.ábra).

ZSÍR



40% hús – 60% zsír



60% hús – 40% zsír



80% hús – 20% zsír



44. ábra Zsír alapú, 40-60; 60-40; 80-20% hús-zsír arányú modellanyag mintasorok HHP kezelés előtt és után. Bal oldalt a kontroll, jobb oldalt a nyomáskezelte minták. Lentről felfelé haladva nő a paprika koncentráció.

Az színváltozás érzékszervi bírálata tehát alátámasztotta az objektív mérések eredményeit. A számolt ΔE^* színínger különbségek is megfeleltek a gyakorlatban tapasztaltaknak, tehát az objektív

műszeres színmérés szerint ***a nagy fehérjetartalmú húspép mintáknál a színkülönbség szemmel jól látható, míg a zsír mintasornál kevésbé észrevehető.***

A tárolási próbán tapasztaltak minden szempontból megfeleltek a nyomáskezelést közvetlenül követő megfigyeléseknek. Így a kezelt húspép modellanyagok a tárolás során is fakóbbak, világosabbak maradtak a kontroll mintáknál, vörös árnyalatuk gyengébb volt. A zsír alapú mintasor a tárolási próba alatt sem mutatott szemmel látható különbséget kontroll és HHP minták között.

5.3.2. Íz érzékszervi minősítése

A nyomáskezelés ízre gyakorolt hatásának vizsgálatát a húspép minták hőkezelése után végeztem el. A minták kóstolásával történő bírálat során a mintapárok kontroll és kezelt tagjai között jól észlelhető eltérést tapasztaltam.

A húspép minták esetén feltűnő változás mutatkozott a paprikás íz terén. ***A nyomáskezelés hatására a minták fűszerpaprika íze fokozódott.*** Ez a jelenség azonban eltérően jelentkezett a különböző hús-szalonna arányú modellanyagoknál. Megfigyeltem, hogy a hústartalom növekedésével a paprikás ízbeli különbség egyre kevésbé volt észrevehető, míg a zsírosabb húspépeknél jobban érezhető volt. Ez alapján a zsíroknak meghatározó szerepük van egy termék ízkialakításának szempontjából. A fűszeres íz intenzitásának növekedése a gyakorlatban több szempontból előnyös lehet. Lehetőség nyílik ugyanolyan ízhatás elérésére kevesebb fűszer, pl. só felhasználásával. Ez táplálkozás élettani szempontból előnyös, de a gazdasági oldalt tekintve is kedvező, mivel a termék előállítására fordított költségek csökkenthetők, ami hosszú távon gazdaságosabbá teheti a termelést. ***A zsír alapú minták esetén a nagynyomású kezelés nem eredményezett észrevehető változást a minták ízében.*** Ez alapján a HHP eljárás hatására bekövetkező íz elváltozás is összefüggésbe hozható a termékben jelenlévő fehérjékkel.

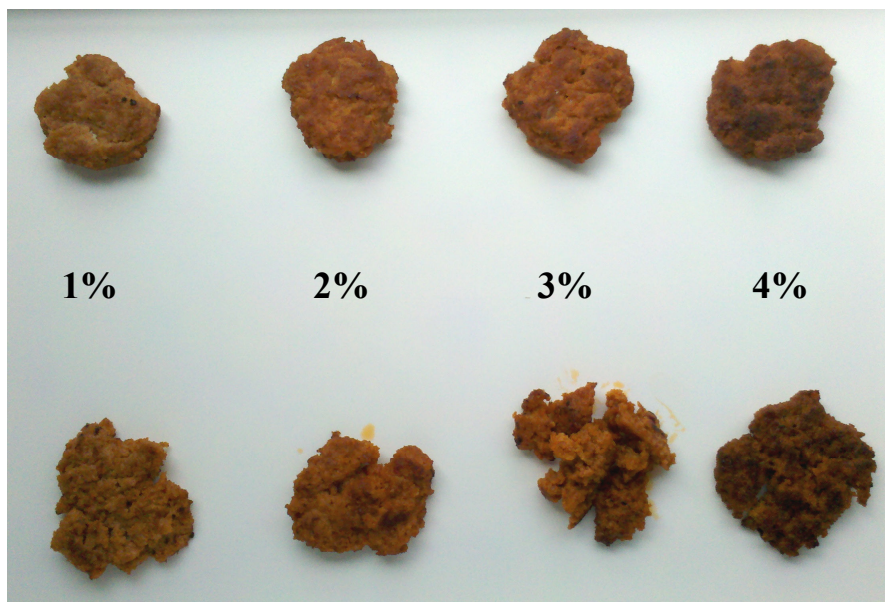
A tárolás során minden héten megismételtem a minták ízének vizsgálatát, és minden alkalommal a fenti eredményekre jutottam. Tehát az idő nem befolyásolta azt a jelenséget, hogy a nyomáskezelés a fűszeres íz fokozódását eredményezi.

5.3.3. Állomány érzékszervi vizsgálata

A minták állományát hőkezelés előtt és után is vizsgáltam. Sütés előtt megfigyeltem, hogy ***a nyomáskezelt húspép minták a kontrollhoz képest keményebbé váltak.*** Ez a tulajdonság a hústartalom változásával eltérően jelent meg. Míg a 40% húst és 60% szalonnát tartalmazó húspép még viszonylag lágy, kenhető állományú maradt, addig a 80% húsból és 20% szalonnából álló modellanyagok már jóval keményebb, vágható, törhető állományúak lettek. ***Tehát a HHP kezelés állománybeli hatása függ a hús-zsír aránytól.***

A zsír mintasornál nem tapasztaltam észrevehető állományváltozást.

A hőkezeléskor a húspépekből 25-30 gramm tömegű pogácsákat készítettem, majd olajban kisütöttem. Ez alatt szembetűnő volt a kontroll és a kezelt minták különböző viselkedése. *A kezeletlen húspépek sütés során megtartották alakjukat, azonban a HHP minták szétesővé, morzsálódóvá váltak.* (45. ábra).



45. ábra A 40% hús és 60% szalonna tartalmú húspép modellanyagok sütés után. Felül a kontroll, alul a nyomáskezelt minták, a paprika tartalom százalékos jelölésével

Ez a tulajdonság a hústartalom növekedésével egyre kisebb mértékben jelentkezett. Ennek oka lehet, hogy a nagyobb mennyiségű fehérje stabilabb térhálós kialakulását tette lehetővé, így a több húst tartalmazó minták könnyebben megtartották alakjukat.

A hőkezelést követő, kóstolás útján történő állomány vizsgálat során tapasztaltak szerint *a nyomáskezelés hatására a modellanyagok lazább szerkezetűvé, porhanyósabbá váltak, míg kontroll párjaik jóval rágósabbnak bizonyultak. Ugyanakkor a HHP minták veszítettek léduzságukból, a kontroll minták jóval szaftosabbnak maradtak.* Feltételezhetően a kezelt húspépek vízmegkötő képessége csökkent, amit a nagy nyomás hatására végbemenő fehérje denaturáció okozhat. A minták keménységét illetően a sütés előtti tapasztalatok voltak megfigyelhetők a hőkezelést követően is. A kontroll és nyomáskezelt modellanyagoknál egyaránt a több húst tartalmazó minták keményebbek, rágósabbak voltak, mint a zsírosabb húspépek.

A zsír minták esetében a kóstolás során sem tapasztaltam állománybeli változást.

Az állomány értékelését a tárolási próba során a többi vizsgálathoz hasonlóan minden héten elvégeztem, azonban nem tapasztaltam a 0. alkalomtól eltérő eredményeket.

6. Összefoglalás

Vizsgálataim során a nagy hidrosztatikai nyomású tartósítási eljárás hatását vizsgáltam különböző összetételű húskészítmény modellanyagok jellemzőire. A modellanyagok alapanyagául sertéshús, ipari szalonna, étkezési sertézsír és őrölt fűszerpaprika szolgált. Három különböző hús-zsír arányú húspép, és egy sertézsír mintasort készítettem, mindegyikbe 1; 2; 3 és 4%-ban kevertem fűszerpaprikát. A mintasorokat kontroll és HHP mintákra osztottam ketté, majd mindegyiket vákuumcsomagoltam. A nyomáskezelés 600 MPa nyomáson 5 percig tartott.

Vizsgáltam a minták nyomáskezelés hatására bekövetkező színváltozását, a lipioxidáció mértékét, valamint érzékszervi jellemzők, így az íz, megjelenés és állomány változását. A mintákon négy hetes tárolási próba során hetente végeztem el az objektív műszeres és az érzékszervi vizsgálatokat.

Mérési eredményeim szerint a nyomáskezelés hatására a húspép minták fakóbbá, világosabbá váltak, vörös színintenzitásuk csökkent. Ennek oka a hús piros színét adó mioglobin nagy nyomás hatására bekövetkező denaturációja. A sárga színintenzitásban a HHP eljárás nem okozott jelentős változást. A tárolási próba a húspépek további világosodását és a vörös színínger csökkenését eredményezte, a sárga színintenzitás nőtt.

A zsír modellanyagok színjellemzőire a HHP kezelés nem gyakorolt jelentős hatást. Mivel a vörös színínger sem változott jelentősen, megállapítható, hogy a nyomáskezelés nincs hatással a paprika színére, a színváltozást alapvetően a fehérje denaturáció okozza. A tárolás során a zsír minták világossági tényezője és sárga színintenzitása fokozódott, vörös színintenzitása csökkent.

A lipioxidáció mértéke függ a minták zsírtartalmától. A nagyobb zsírszázalék nagyobb mértékű avasodást eredményez. A nyomáskezelt és a kontroll minták TBA-száma alapján az általam alkalmazott kezelési paraméterek mellett a HHP eljárás nem befolyásolja jelentősen az avasodást. A paprika tartalom növelésével a TBA-szám értéke is nőtt, ez feltételezhetően a paprika olaj magas telítetlen zsírsav tartalmából adódó oxidációnak köszönhető.

A tárolási idő nem befolyásolta jelentősen a különböző összetételű kontroll és HHP modellanyagok lipioxidációjának mértékét.

A minták színének érzékszervi vizsgálata megfelel a műszeres eredményeknek, a minták világosabbak lettek, veszítettek vörös színükből. A számolt színínger különbségeket is alátámasztják, hogy a kontroll és HHP minták közötti színbeli eltérés a húspép alapú, azaz fehérjét nagyobb mértékben tartalmazó mintáknál volt jobban észlelhető.

A nyomáskezelés hatására a húspép minták paprikás íze fokozódott. A nagyobb zsírtartalmú húspépeknél az ízkülönbség jobban érezhető volt, azonban a zsír alapú mintáknál nem volt észlelhető paprikás ízbeli különbség. Ez a jelenség lehetővé teszi, hogy ugyanazt az ízhatást

kevesebb fűszer felhasználásával érjük el, ami gazdasági és táplálkozás élettani szempontból is előnyös.

A nyomáskezelés hatására a húspép minták keményebbé váltak. A keménység függ a hústartalomtól. Az alacsony hústartalmú minták kenhető, míg a több húst tartalmazók vágható állományúak lettek. Hőkezeléskor a nyomáskezelt minták a kontrollal ellentétben nem tartották meg alakjukat, szétesővé váltak. A hústartalom növelésével azonban ez a hatás egyre kevésbé mutatkozott. Ezt magyarázhatja, hogy a nagyobb mennyiségű fehérje stabilabb térháló kialakulását teszi lehetővé. Sütés után a kontroll minták keményebbek, lédúsabbak maradtak, míg a HHP modellanyagok porhanyósabb és szárazabb jelleget mutattak. Feltételezhetően vízkötő képességük a fehérje denaturáció miatt csökkent.

Vizsgálataim alapján a húsipari termékek nagy hidrosztatikai nyomáskezelésekor fontos figyelembe venni a termék fizikai, érzékszervi jellemzőinek nagy nyomás hatására bekövetkező változásait. Ebből adódóan lényeges, hogy a termék jellegének megfelelően és a célszerű, hatékony előállítást szem előtt tartva határozzuk meg a kezelési paramétereket, valamint hogy a gyártási folyamat melyik szakaszában alkalmazzuk a HHP módszert.

A modellanyagokon elvégzett kísérletek eredményeit alkalmazva, terveim szerint a jövőben további vizsgálatokat végzek különböző tényleges húsipari termékeken. A többféle nyomásérték és kezelési idő mellett tervezem a HHP eljárás többféle húsipari terméktípusra, így például vörösáruk és szárazáruk tulajdonságaira gyakorolt hatásainak vizsgálatát.

7.Felhasznált irodalom

1. ANDRÉS, A.I., MOLLER, J.K.S, ADAMSEN, C.E, SKIBSTED, L.H. (2004) High pressure treatment of dry-cured Iberian ham. Effect on radical formation, lipid oxidation and colour. *European Food Research and Technology*, 219 (3): 205-210.
2. AYMERICH, T., PICOUE, P.A., MONFORT, J.M. (2008) Decontamination technologies for meat products. *Meat Science*, 78(1-2): 114-129.
3. BALASUBRAMANIAM, V.M., FARKAS, D., TUREK, E.J. (2008) Preserving Foods through High-Pressure Processing. *Food Technology*, 62(11): 32-38.
4. BALNY, C., MASSON, P. (1993) Effects of high pressure on proteins. *Food Rev. Int.*, 9(4): 611-628.
5. BARTLETT, D. (1992): Microbial life at high pressure. *Sci Prog Oxford*, 76 : 479-496 p.
6. CAMPUS, M. (2010) High Pressure Processing of Meat, Meat Products and Seafood. *Food Engineering Reviews*, 2 (4): 256-273.
7. CARLEZ, A., ROSEC, J. P., RICHARD, N., CHEFTEL, J. C. (1993) High pressure inactivation of *Citrobacter freundii*, *Pseudomonas fluorescens* and *Listeria innocua* in inoculated minced beef muscle. *Lebensm. Wiss. Technol.* 26(4): 357.
8. CHEAH, P. B., LEDWARD, D. A. (1996) High pressure effects on lipid oxidation in minced pork *Meat Sci.* 43(2): 123-134.
9. CHEFTEL, J.C. (1995) High pressure, microbial inactivation and food preservation. *Food Sci. Technol. Int.*, 1: 75-90.
10. CHEFTEL, J.C., CULIOLI, J. (1997): Effects of high pressure on meat: A review. *Meat Sci.*, 46 (3): 211-236
11. CROSSLAND, B. (1995) The Development of High Pressure Equipment. In: *High Pressure Processing of Foods* (D.A. Ledward, D.E. Johnston, R.G. Earnshaw, A.P.M. Hasting, Eds.), Nottingham University Press, Nottingham : 7-26.
12. DALMADI, I., FARKAS, J., (2006): Gyümölcskészítmények tartósítása nagy hidrosztatikus nyomással. *Élelméleti Ipar*, LX(12) 262-264.p.
13. DUMOULIN, M., OZAWA, S., HAYASHI, R. (1998): Textural properties of pressure induced gels of food proteins obtained under different temperatures including subzero. *J.Food Sci.*, 63, :63-65.
14. EARNSHAW, R. (1995) High pressure microbial inactivation kinetics. In: *High Pressure Processing of Foods* (D.A. Ledward, D.E. Johnston, R.G. Earnshaw, A.P.M. Hasting, Eds.), Nottingham University Press, Nottingham, p. 37-46.
15. FARKAS, D., HOOVER, D. 2000. High pressure processing: Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies. *J. Food Sci. (Supplement)*: 47-64.

16. HENDRICKX, M., LUDIKHUYZE, L., VAN DEN BROECK, I., WEEMAES, C. (1998): Effect of high pressure on enzymes related to food quality. *Trends Food Sci Technol.*, 9, 197-203 p.
17. HEREMANS, K. (2003) Ultra high pressure treatments of foods, Kluwer Academic Plenum Publishers, New York, 23-51.
18. HITE, B.H. (1899) The effect of pressure in the preservation of milk. *West Virginia Agricultural Experiment Station Bulletin*, 58 15.
19. HOOVER, D.G., METRICK, C., PAPINEAU, A.M., FARKAS, D.F., KNORR, D. (1989): Biological effects of high hydrostatic pressure on food microorganisms. *Food Technology*, 43(3): 99-107.
20. JIMENEZ-COLMENERO, F. (2002): Muscle protein gelation by combined use of high pressure/temperature. *Trends in Food Science & Technology*, 13(1): 22-30..
21. KALICHEVSKY, M. T., KNORR, D., LILLFORD, P. J. (1995): Potential food applications of high-pressure effects on ice-water transition. *Trends Food Sci. Technology*, 6, 253-259.
22. LINTON, M., MCCLEMENTS, J.M.J., PATTERSON, M.F. (1999): Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 in orange juice using a combination of high pressure and mild heat. *J. Food Prot.*, 62, 277-279.
23. MACFARLANE, J.J. (1985): High pressure technology and meat quality. In *Developments in meat Science*, 6, 155-184 p.
24. MANCINI, R.A., HUNT M.C. (2005) Current research in meat color. *Meat Sci* 71: 100–121.
25. MERTENS, B. (1995): Hydrostatic pressure treatment of food: equipment and processing. In: Gould, G.W., *New Methods of Food Preservation*. London, Blakie Academic and Professional. 135-158.
26. OHMORI, T., SHIGEHISA, T., TAJI, S., HAYASHI, R. (1991): Effect of high pressure on the protease activities in meat. *Biol. Chem.*, 55, 357-361.
27. OHSHIMA, T., NAKAGAWA, T., KOIZUMI, C. (1992) Effects of high pressure on the enzymatic degradation of phospholipids in fish muscle during storage. In *Seafood Science and Technology*. ed. E.G. Bligh. Fishing News Books, Oxford, 64.
28. Országos Húsipari Kutatóintézet Közhasznú Nonprofit Kft., www.ohki.hu
29. PATAZCA, E., KOUTCHMA, T., BALASUBRAMANIAM, V.M. (2007) Quasi-adiabatic temperature increase during high pressure processing of selected foods *J. Food Eng.*, 80(1): 199-205
30. PATTERSON, M.F., QUINN, M., SIMPSON, R., GILMOUR, A. (1995) Effects of high pressure on vegetative pathogens. In: *High Pressure Processing of Foods* (D.A. Ledward, D.E. Johnston, R.G. Earnshaw, A.P.M. Hasting, Eds.), Nottingham University Press, Nottingham, 47-63.

31. RASANAYAGAM, V., BALASUBRAMANIAM, V.M., TING E., SIZER, C.E., BUSH, C., ANDERSON C. (2003) Compression Heating of Selected Fatty Food Materials During High-Pressure Processing. *J. Food Sci.*, 68(1): 254-259.
32. RASTOGI, N. K., RAGHAVARAO, K. S. M. S., BALASUBRAMANIAM, V. M., NIRANJAN, K., KNORR, D. (2007). Opportunities and challenges in high pressure processing of foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(1), 69–112.
33. RUIZ-CAPILLAS, C., CARBALLO, J., JIMÉNEZ-COLMENERO, F. (2007) Consequences of high-pressure processing of vacuum-packaged frankfurters on the formation of polyamines: Effect of chilled storage. *Food Chemistry*, 104 (1): 202-208
34. Samson, C. Tonello. 2008. Personal communication. NC Hyperbaric, Spain
35. SHIMADA, S., ANDOU, M., NAITO, N., YAMADA, N., OSUMI, M., HAYASHI, R. (1993). Effects of hydrostatic pressure on the ultrastructure and leakage of internal substances in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 40: 23–131.
36. SIKES, A.L., TOBIN, A.B., TUME, R.K. (2009) Use of high pressure to reduce cook loss and improve texture of low-salt beef sausage batters. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10 (4) 405-412.
37. SMELT, J.P.P.M. (1998) Recent advances in the microbiology of high pressure processing *Trends in Food Science and Technology*, 9, 152-158.
38. SUZUKI, A., WATANABE, M., IWAMURA, K., IKEUCHI, Y., SAITO, M. (1990): Effect of high pressure on the ultrastructure and myofibrillar protein of beef skeletal muscle. *Agric. Biol. Chem.*, 54, 3085-3091 p.
39. URRUTIA-BENET, G. (2005). High-pressure-low-temperature processing of foods: Impact of metastable phases of process and quality parameters. PhD thesis, Berlin University of Technology
40. YALDAGARD, M., SEYED, A.M., TABATABAIE, F. (2008) The principles of ultra-high pressure technology and its application in food processing/preservation: a review of microbiological and quality aspects. *Afr. J. Biotechnol.* 7, 2739-2767
41. YORDANOV, D.G., ANGELOVA, G.V. (2010) High pressure processing for foods preserving. *Biotechnology & Biotechnological equipment.*, 24, (3): 1940-1945.

8. MELLÉKLETEK

M1. A TBA-szám meghatározásának menete

- Egy méréshez 4 g mintát és 20 ml desztillált vizet mértem MSE homogenizátor edénybe, majd 5 percig magas fordulatszámon homogenizáltam.
- A keverékhez 5ml 25%-os triklór-ecetsavat (TCA) adtam, zárható centrifuga csőbe öntöttem, majd 10 percig 4°C-on 5000 1/min fordulaton centrifugáltam Beckman centrifugában.
- Ezután a felülúszót szűrőpapíron át Erlenmeyer lombikba szűrtem, majd ebből zárható kémcsőbe 3,5 ml-t mértem.
- Hozzáadtam 1,5 ml 0,6%-os tiobarbitursav (TBA) oldatot, majd 30 percig 100°C-on hőkezelttem.
- Az elszíneződött keverékeket a lehűtés után azonnal fotometráltam 532 nm-en.
- A vak oldat esetében minden leírt lépést elvégeztem, de minta helyett 4 g desztillált vizet adtam hozzá.

M2. A húspép és zsír mintasorok sárga színintenzitásának változása a nyomáskezelés hatására

