



*Budapesti Corvinus Egyetem
Élelmiszertudományi Kar*

MOLNÁR VALÉRIA MÁRIA

Szak:
Élelmiszerbiztonsági és –minőségi mérnök M.Sc

II. évfolyam

Sertés virsli nagy hidrosztatikus nyomású kezelése és vizsgálata

High hydrostatic pressure treatment of pork sausage products

Témavezetők:

Hűtő- és Állattermék Technológiai Tanszék:

Dr. Friedrich László Ferenc
egyetemi docens, tanszékvezető

és

Mikrobiológiai és Biotechnológiai Tanszék:

Dr. Kiskó Gabriella
egyetemi docens

Budapest
2014

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	3
2	Irodalmi áttekintés	4
2.1	A nagy hidrosztatikai nyomású technológia	4
2.1.1	Alkalmazott terület és termékek.....	4
2.1.2	HHP hústechnológiai vonatkozásai	6
2.1.3	HHP mikrobiológiai vonatkozásai	9
2.1.4	HHP húskémiai vonatkozásai.....	11
2.2	Vörösárgyártás elmélete és az adalékanyagok szerepe	12
2.2.1	Pépesítés.....	12
2.2.2	Béltöltés	13
2.2.3	Füstölés, főzés	13
2.2.4	Élelmiszerkönyv szerinti követelmény (1-3/13-1 sz. előírás)	14
2.2.5	Adalékanyagok szerepe és mechanizmusa	15
2.3	Statisztika elmélet	16
2.3.1	Linearitás, regresszió.....	16
2.3.2	ANOVA.....	17
3	Célkitűzés	18
4	Anyag és módszer	19
4.1	Alapanyag.....	19
4.2	Gyártás, berendezés.....	19
4.3	Csomagolás és HHP kezelés	20
4.4	Vizsgálati módszerek	21
4.4.1	Szín	21
4.4.2	Víztartó képesség.....	22
4.4.3	Állománymérés	23
4.4.4	Érzékszervi vizsgálat	23
4.4.5	TBA szám meghatározás	23
4.4.6	Mikrobiológiai vizsgálatok.....	25
4.5	Kiértékelés.....	25
5	Eredmények	26
5.1	Színmérés eredményei.....	26
5.2	Víztartó képesség eredménye	30
5.3	Műszeres állománymérés eredménye.....	31
5.4	Érzékszervi vizsgálat eredménye	33
5.5	TBA mérés eredményei.....	34
5.6	Mikrobiológiai vizsgálat eredményei.....	35
6	Javaslatok.....	37
7	Összefoglalás	38
8	Köszönetnyilvánítás	41
9	Irodalom jegyzék	42
10	Mellékletek (számítások, táblázatok)	45
	1. számú melléklet: Statisztikai eredmények	45

Ábrajegyzék

1. ábra: Nagy hidrosztatikus nyomás elvi ábrája	4
2. ábra: Nyomáskezelt termékek	5
3. ábra: Kezelt nyers marha, sertés és hal húsok.....	5
4. ábra: Hipotetikus nyomás-hőmérséklet diagram	7
5-6. ábra: Multivac berendezés és a vákuumcsomagolt virsli	20
7. ábra: Virsli kezelése HHP berendezés hüvelyében.....	20
8. ábra: Nagynyomású berendezés.....	20
9. ábra: Színkülönbség emberi szemmel, Cielab vektorrendszer	22
10. ábra: Víztartó képesség mérése.....	22
11. ábra: Víztartó képesség mérésére használt szűrőpapír.....	22
12. ábra: Próbatetek kivágása	23
13. ábra: Minta a mérőfej alatt.....	23
14. ábra: Malonaldehid komplex kialakulása	24
15. ábra: Spektrofotométer.....	24
16. ábra: L* csillag érték (világossági színezet) változása a felszínen	26
17. ábra: L* csillag érték (világossági színezet) változása a metszéslapon.....	26
18. ábra: + a* érték változása a felszínen	27
19. ábra: + a* érték változása a metszéslapon	27
20. ábra: + b* érték változása a metszéslapon	28
21. ábra: + b* érték változása a felszínen	28
22. ábra: Színkülönbségek a metszéslapon.....	29
23. ábra: Színkülönbségek a felszínen	29
24. ábra: Víztartó képesség a tárolás folyamán	30
25. ábra: Keménység változása a tárolás folyamán	31
26. ábra: Maximális nyíróerő és érzékszervi bírálat eredményeinek összefüggése.....	32
27. ábra: Sós ízérzet változása	33
28. ábra: Állomány változása a tárolás folyamán	34
29. ábra: Lipidoxidáció a tárolás folyamán.....	34
30. ábra: Sejtszám a tárolás alatt.....	36

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: Fehérjék változása hő hatására	14
2. táblázat: Húsfehérjék oldékonysága	15
3. táblázat: Felhasznált alap- és adalékanyagok, receptúra	19
4. táblázat: Mintamátrix és az elvégzett vizsgálatok	21
5. táblázat: Víztartó képesség változásának százalékos értékei.....	31
6. táblázat: Állománymérés eredményei.....	32
7. táblázat: Érzékszervi bírálat pontszámai (40. napig sós ízérzet)	33
8. táblázat: Érzékszervi bírálat pontszámai (40. napig állomány)	33

1 Bevezetés

A modern kor emberének táplálkozási szokásai nagyban különböznek a régi kor szülötteihez képest, hiszen az élelmiszerek tekintetében széles választék áll rendelkezésre.

Egyre nagyobb teret hódít a RTE (ready to eat) termékek piaca is, hiszen a mai kor embere időhiánnyal küzd a mindennapjaiban, ráadásul egyre jellemzőbb, hogy sokan egy fős háztartást tartanak fent, vagy egyszülős családmódban élnek. Nekünk, mérnököknek karöltve más szakemberekkel az a feladatunk, hogy biztonságos terméket állítsunk elő úgy, hogy a fogyasztó igényeit is kielégítsük.

A mai kor embere nyitott az egészséges életmódra, viszont sok esetben alulértékeli a lehetséges veszélyeket. Minden élelmiszer elfogyasztása kockázattal jár, tehát a fogyasztó kockázatot vállal.

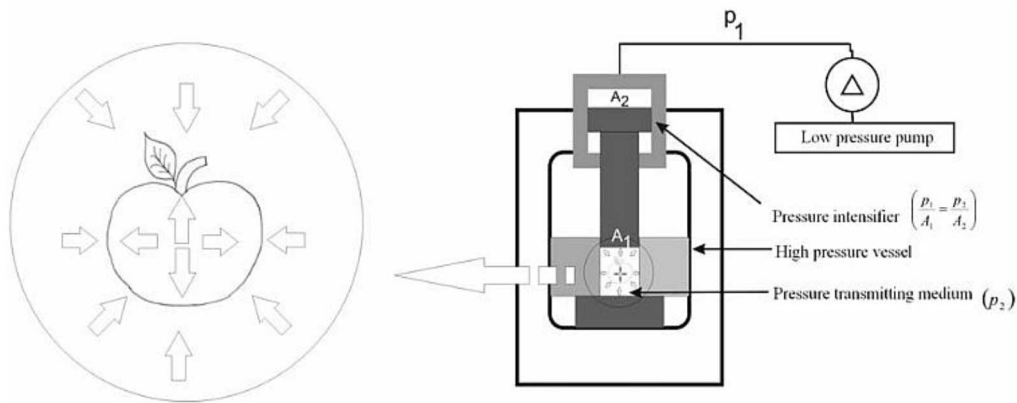
Az utóbbi években egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a csökkentett sótartalmú táplálkozásra például (OÉTI Stop só program), a DG SANCO (EU Bizottság, Egészség- és Fogyasztóvédelmi Főigazgatósága) kezdeményezésére. Ennek oka, hogy nem csak érrendszeri megbetegedéseket okoz a túlzott só bevitelű táplálkozás, hanem károsítja a vesét, és a csonttrikulást is elősegíti. A WHO napi 5 g bevitt javasol maximális mennyiségben, de sajnálatosan ennek akár ötszörösét fogyasztjuk el. Kommunikációs célok miatt sóról beszélünk, de tulajdonképpen a nátriumbevitt szükséges csökkenteni, hiszen konyhasóként (nátrium-kloridként) fogyasztjuk el.

A sócsökkentés mellett azonban nem szabad elfelejteni, hogy a pác-só egyrészt biztonságot nyújt a termék számára, valamint technológiai funkciókat is ellát egy termék esetében. Továbbá azt sem hagyható figyelmen kívül, hogy az élelmiszerek sótartalmát csak fokozatosan lehet csökkenteni, hiszen a fogyasztónak hozzá kell szoknia a csökkent intenzitású ízekhez. Kutatások és vizsgálatok szükségesek annak megállapítására, hogy gyártástechnológiai és élelmiszer-biztonsági szempontjából milyen mértékű sócsökkentés alkalmazható az egyes élelmiszer esetében.

2 Irodalmi áttekintés

2.1 A nagy hidrosztatikai nyomású technológia

A nagy hidrosztatikai nyomás (High Hydrostatic Pressure – HHP) folyadékokból, vagy gázokból adódó nyomás, mely a részecskék ütközésekor jön létre. A nagy hidrosztatikus nyomású berendezés működése azon az elven alapul, hogy a folyadékok belsejében mindenhol tapasztalható nyomás minden irányban hat, mivel szabadon terjed a közegben. Az előrecsomagolt terméket a kamrába helyezzük, amely közvetítő folyadékot tartalmaz (1. ábra).



1. ábra: Nagy hidrosztatikus nyomás elvi ábrája (Forrás: Barta, 2007)

Ezután a pumpák segítségével előállított nyomással hatást gyakorlunk a termékekre. Az alkalmazott nyomás maximuma 1000 MPa. A folyamat során adiabatikus hőmérséktemelkedés (3 °C 100 MPa-onként) történik közeg és termék típusától függően, és emellett számolni kell körülbelül 15 %-os alakváltozással, tehát a csomagolásnál ezt figyelembe kell venni.

2.1.1 Alkalmazott terület és termékek

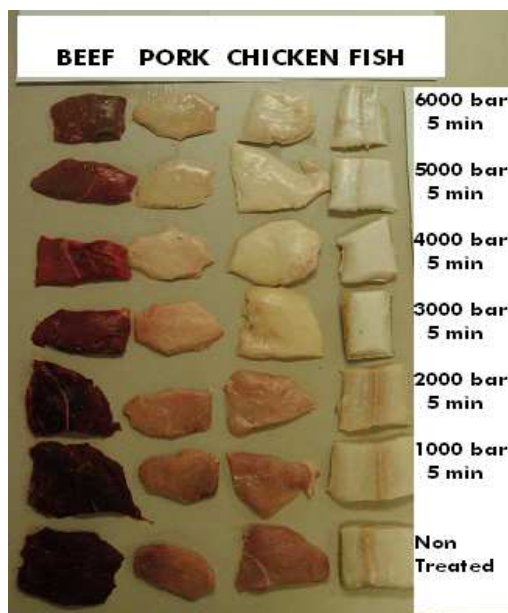
Élelmiszeripari területen rendkívül előnyös eljárás, hiszen kíméletes, nem termikus eljárás, tehát megelőzhető főtt íz kialakulása, mindezek mellett nincs nagymértékben hatással a színváltozásra, valamint energiatakarékos is („minimal processing”). Ezek a pozitív előnyök nem csak a húsipar területén használhatók fel kiválóan, hanem a zöldség, és gyümölcs „konzervipar”, valamint üdítőipar területén is (2. ábra) ahol törekedni kell a szín és vitamintartalom megőrzésére (főként C-vitamin), egyéb flavonoid (fenolt tartalmazó) vegyületeket beleértve, amelyek pozitív hatással vannak az emberi szervezetre, mint pl. a zöldtea és vörösborban található színanyagok.

Húsiparban alkalmazható többek között tenger gyümölcseire, kolbászfélékre, virslifélékre és sonkatermékekre.



2. ábra: Nyomáskezelte termékek (Forrás: Espuna, foodnavigator.usa)

Pozitív hatással van a termék biztonságára, színére, és a szeletösszetartásban is szerepet játszik, valamint gátolja a káros mikrobák szaporodását. Hátránya az, hogy a mioglobin (izomban levő fehérjetartalmú festék, melynek feladata az oxigénszállítás) instabil, tehát gyorsan elveszti élénk húsrá jellemző színét (3. ábra).



3. ábra: Kezelt nyers marha, sertés és hal húsok (Forrás: hyperbaric.com)

2.1.2 HHP hústechnológiai vonatkozásai

Frankfurter típusú virsli esetében megállapításra került, hogy fontos szerepet játszik a receptúra, a kezelési hőmérséklet és a kezelés típusa. A szerkezeti vizsgálatokkal megállapították, hogy a nem nyomáskezelt virslik rugalmasabbak voltak, mint a nyomáskezelték. Színmérés tekintetében jelentősebb alacsony L^* értéket adtak, mint a referenciaminták. A mechanikailag fejtett szárnyas hús (Mechanically Recovered Poultry Meat) tartalom növelésének hatására egyre nagyobb lett a $+a^*$ érték (vörös színezet) **(Yuste et al., 1999)**.

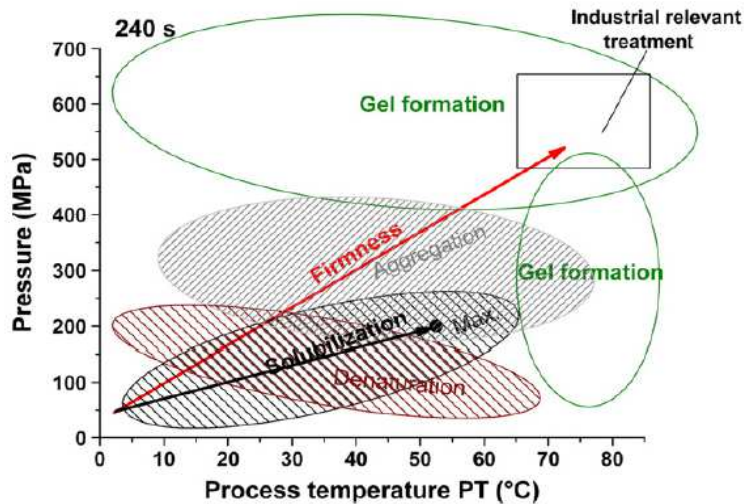
Az alapanyag előkezelésével sikerült a virslik sótartalmának 2,5 %-ról 1,5 %-ra csökkentése a biztonság és a minőség megtartása mellett. Az alapanyaghoz tápióka kivonatot és kálium-kloridot adagoltak, mint funkcionális összetevőt 1 % sótartalommal. Ezek a hozzáadott adalékok növelték a stabilitást és a víztartó képességet. A foszfát tartalmat 0,5 %-ról 0,25 %-ra sikerült csökkenteni 150 MPa nyomáskezelés mellett.

Marha húspogácsát 300 MPa-on kezelték, amely növelte a víztartó képességet, a porhanyósságot és a szaftosságot. Az eltarthatóság növelése csak min. 600 MPa-on következett be **(Troy et al., 2001)**.

Étkezési rosttal és keményítővel kombinált virsli esetében magasabb vízkötő képesség volt megfigyelhető **(Grossi et al., 2012)** 1,8 %-os pác-só mennyiség mellett. Az oldhatatlan rost elősegíti a víz megkötését, illetve szinergista hatást váltanak ki nagynyomású kezelés együttes alkalmazásával. A keményítő önmagában szintén növeli a keménységet, illetve HHP kezeléssel kombinálva is egyaránt. A keményítőt rosttal kombinálva nem volt megfigyelhető szignifikáns különbség. Az L^* érték növekedett a répa rost és keményítő hatására, amely feltehetően dilatáló hatást fejt ki halványabb megjelenést kölcsönözve. A $+a^*$ érték az adalékok elhagyásával szignifikánsan nagyobb értéket mutattak.

A nyomás és a hőmérséklet növelésével növekszik a keménység **(Tintchev et al., 2013)**. 2 % NaCl és 0,3 % foszfát tartalom mellett 600 MPa-on, 40 °C hőmérsékleten keményebb állomány volt megfigyelhető 2,5 MPa/s gradiens mellett, mint 40 MPa/s mellett. A víztartó képesség csökkent, emelkedő nyomás és hőmérséklet hatására, viszont javulása volt megfigyelhető 0,5 % NaCl mellett alacsony nyomásgradiens mellett. Nyomás hatására a miozin denaturálódik **(4. ábra)** és az aktomiozin disszociál foszfát hatására. Az ionerősség nő

a víz disszociációjakor, ami képes oldhatóvá tenni a húsfehérjéket. A kezelés befolyásolja a fehérjeszerkezetet és denaturációt, aggregációt okoz, valamint elősegíti a gélképződést 1000 MPa-ig (Sun és Holley, 2010).



4. ábra: Hipotetikus nyomás-hőmérséklet diagram miozin oldhatósága, aggregációja és zselésedésének folyamata nyomáskezelés után 240 s behatás mellett
(Forrás: Tintchev et al., 2013)

A vákuumcsomagolt főtt sonka esetében (Paelinck és Szczepaniak, 2005) 100 MPa nagynyomású kezelés elegendő a baktériumok jelentős számú csökkentéséhez, amely negatív hatás nélkül kivitelezhető a termék minőségének tekintetében. A hús fizikai sérülése 10^8 Pa nyomás közelében kezdődik, és $1,5 \cdot 10^8$ Pa (150 MPa) nyomáson a szín olyanná válik, mint a főtt húsé, valamint a hús lágyasága növekszik.

Chorizo és Fuet típusú kolbászok tekintetében a kohézió, keménység és rágósság nőtt a fermentált és nem fermentált termékek esetében is. A rugalmasság a startermentes termékekben nőtt, a starterekben viszont csökkent (Marcos et al., 2007). Húspépek nagynyomású kezelésével és sócsökkentés alkalmazásával vizsgálták a hőkezelési veszteséget is. A kontroll, nem kezelt minták 2 % NaCl tartalom mellett 9,3 % főzési veszteséggel rendelkeztek, akárcsak a nyomáskezelt minta 1 % NaCl tartalom mellett. Ezzel szemben a nem nyomáskezelt 1 % sótartalmú virslikben ez az érték 24,9 % volt. Mind keménységben és rágósságban a nyomáskezelt minták értékei magasabbak voltak az összes só koncentráció mellett. Egyik mintában sem volt nagy színbeli különbség a tárolás során (Sikes et al., 2009).

Pulykahúspép nagynyomású kezelése esetén számítani kell növekvő lipidoxidációra, amelyet egészségkárosító hatása miatt ellensúlyozni kell antioxidánsok hozzáadásával. Marhahús esetében a technológia javítja az emészthetőséget, és a nagynyomású kezelés hatására bekövetkező színváltozás redukálható nizin (bakteriocin – *Lactococcus lactis*) adagolásával (Tuboly, 2009).

„Fogyasztói vélemények és attitűdök feltárása a HHP és PEF technológiáknál” című fókuszcsoportos felmérésben (Bánáti, 2010) a fogyasztói elfogadást vizsgálták. A vizsgálat során kiderült, hogy az emberek nagyobb szimpátiát éreztek a nagynyomású kezelés iránt, a pulzáló elektromos terű kezeléssel szemben. Tehát az eredmények alapján van érdeklődés a fogyasztókban a technológia irányába.

Frankfurti virslik esetében (Czermann, 2013) különböző paraméterek mellett végzett vizsgálatok (200 MPa, 300 MPa, 400 MPa, 600 MPa 5 és 10 perces kezeléssel) azt mutatták, hogy keményedés volt megfigyelhető az összes minta tekintetében. Színmérés folyamán a termékek sötétedtek, míg a vörös-zöld színezet csökkenő tendenciát mutatott. Érzékszervi vizsgálatok során a nyomáskezelt minták minőségileg jobbnak bizonyultak.

A korábbi alkalommal készített szakdolgozatom céljából vizsgálni kívántam a nagy hidrosztatikus nyomás hatását vörösáru termékeken úgy, mint színre, oxidációs folyamatra, vízkötő képességre és érzékszervi paraméterekre való tekintettel (Molnár, 2012) 600 MPa 10 perces kezelést alkalmazva.

Az L^* érték, a világossági tényező csökkenésével sötétedett az összes termék. A $+a^*$ érték változás nem volt szignifikáns, de ez is csökkenő tendenciát mutatott a virsli termékekben. A $+b^*$ értékében szintén csökkenő tendencia mutatkozott és szignifikáns különbséget tapasztaltam a 0,2 % borsot tartalmazó virsli termékek metszéspapján. A mérések során megállapításra került, hogy az 1,4 % és 1,6 %-os pác-só tartalmú minták víztartó képessége volt a legjobb. A másodlagos anyagcseretermékek tekintetében a nagynyomás alkalmazásával, méréseim során arra az eredményre jutottam, hogy 0,2 % borsot tartalmazó termékekben kisebb mértékű volt a másodlagos anyagcseretermékek mennyisége. Ennek értelmében a borstartalom növelésével antioxidáns hatást érhetünk el. Érzékszervi vizsgálatok alapján megállapítható volt, hogy a nagynyomás hatására a sós íz intenzitása fokozódik, ami azt jelenti, hogy a bírálók alapján a nyomáskezelt 1,63 %-os sótartalmú minta megfelel egy

1,8 %-os nem nyomáskezelt mintának, illetve több bors adagolása esetén tovább csökkenthető 1,58 %-ra az alkalmazott pác-só koncentráció. A HHP kezelés hatására megállapított optimális só-bors tartalom meghatározásakor arra a megállapításra jutottam, hogy a kezelés hatására csökkenthető a termékek pác-só mennyisége és nitrittartalma, valamint bizonyítást nyert az is, hogy dupla annyi bors adagolásával fokozható a sós ízérzet.

2.1.3 HHP mikrobiológiai vonatkozásai

A vákuumcsomagolt főtt sonka esetében (Szczepaniak és Paelinck, 2005) a 10^8 Pa (100 MPa) nagynyomású kezelés elegendő a baktériumok jelentős számú csökkentéséhez, amely negatív hatás nélkül kivitelezhető a termék minőségének tekintetében. A mikrobák túlélésének szempontjából befolyásoló tényezők lehetnek a Gram pozitív (érzékenyebbek) vagy a Gram negatív baktériumok és azok sejtalakja (kokkusz vagy pálca), valamint a sejt előélete (pl. azok a baktériumok, amelyek hősokknak voltak kitéve sokkal ellenállóbbak).

Véres hurka esetében Gómez (2011) a kezelés mikroba és vírus gátló hatását elemezte, ami szignifikáns mikrobaszám csökkenést okozott 600 MPa-on. Hepatitis-szel és calici vírus vad törzseivel fertőzött sonka esetében 400 MPa nyomáson a kórokozók számának jelentős csökkenését figyelte meg.

Egy másik kutatásban véreshurkában pszeudomonaszok és enterobaktériumok maximum sejtszámot mutattak az első 14 napon különböző laktátos tartósítás mellett. Az enterobaktériumok és pszeudomonaszok száma kezdetben 2 log TKE/g volt. Ezek a csoportok voltak a legérzékenyebbek a nyomás hatására, és számuk a tárolás során a kimutathatósági határ alatt maradt. A kontroll minták esetében ezek a sejtszámok enyhén növekedtek, de a 14. nap után csökkentek (Diez et al., 2008).

A nagy hidrosztatikus nyomású kezeléssel szignifikáns micélium szám csökkenést lehet elérni *Penicillium roqueforti* esetében (Rodríguez et al., 2014). Az életképes spórák száma 36 %-kal csökkent 300 MPa-os kezelés mellett. Serrano sonka esetében a nyomáskezelés gátolta a penészeket (Rivas-Cañedo et al., 2009).

Alacsonyabb vízaktivitás, magas oldott anyag tartalom és zsírtartalom esetén nyomás rezisztens hatás figyelhető meg szárított sonkában (Hereuet al., 2012). Nizinnel kombinálva

kisebb sejtszám volt megfigyelhető a magasabb vízaktivitású termékben és a kontrollban egyaránt.

Nizin és kálium-laktát alkalmazásával *Salmonella* és *Staphylococcus* szám 4 log TKE/g-ról 1,8 log TKE/g, illetve 0,5 log TKE/g sejtszámmra csökkent, 1 és 6 °C-on való tárolás mellett. *Listeria monocytogenes* képes volt növekedni 1 és 6 °C mellett, de 1 °C-on ennek mértéke lassabb volt **(Jofré et al., 2008)**. 600 MPa nyomás alkalmazásával szignifikánsan csökkent a *Salmonella* és *Listeria* szám 3,5 log TKE/g értékben. A tárolás során egyik patogén sem haladta meg a 10 TKE/ g mennyiséget. A *S. aureus* sejtszáma szignifikánsan csökkent a laktátos és nazines kezeléssel együtt alkalmazva.

Darált csirke és marhahúst kezeltek HHP-val és nizzinnel 300 MPa nyomáson. A kezelés hatására a vákuumcsomagolt szárnyas hús esetében az életképes sejtek száma 3 nagyságrenddel csökkent, míg nizzinnel kombinálva 5 nagyságrenddel. *Listeria monocytogenes* befecskendezése után a marhahús *Listeria* számának csökkenése csak 200 MPa-nál nagyobb nyomás esetén következett be **(Kiss et al., 2006)**.

Nitrittartalom alternatív csökkentése, zöldségporral való kezelése és vizsgálata során **(Meyers et al., 2013)** *Listeria inoculum* segítségével (3 log TKE/g) 600 MPa-on 3, míg 400 MPa-on 1 nagyságrendi mikrobaszám csökkenés volt megfigyelhető, és a mikrobák képesek voltak gyorsan regenerálódni 3 nagyságrendi inoculátum esetében. 200 ppm-es nitrit adagolásával a természetes (50 és 100 ppm) nitrit mennyiséggel szemben 2,4 %-os sókoncentráció mellett nagyobb pusztulást lehetett elérni.

Nagynyomású kezelés esetén figyelembe kell venni a csomagolóanyagot, illetve a hőátadási folyamatokat is **(Haidekker, 2007)**. A kezelésből adódó nyomás a mikroorganizmusok sejtmembránjában irreverzibilis denaturációt okoz.

Módosított légterű csomagolást és HHP kezelést kombinálva a sejtmembrán sérülésekor nagyobb mennyiségű szén-dioxid képes behatolni a sejtbe és szinergens hatást tud kiváltani a mikrobapusztítás során **(Al-Nehlawi et al., 2014)**

A nyomástűrést mikrobiológiai szempontból sok tényező befolyásolhatja, főként az élelmiszer összetétele, mivel tartalmazhat javító mechanizmust stimuláló anyagokat a károsodással szemben (zsírok, cukrok, stb.) **(Tuboly, 2009)**.

2.1.4 HHP húskémiai vonatkozásai

Húsok tekintetében magasabb nyomáson (500 MPa) a kalpain degradálódik és a katepszin inaktíválódik **(Szczepaniak és Paelinck, 2005)**.

Serrano sonka illékony alkotóit és a csomagolás hatását vizsgálták **Rivas-Cañedo és munkatársai (2009)**. Csomagolásként alumínium fóliával ellátott polimer anyagot használtak. A nagynyomású technológia az illékony komponenseket csökkentette. Kiemelten megemlíti a csomagolóanyag megválasztásának fontosságát.

Nagynyomású kezelés hatását vizsgálták **(Rubio et al., 2007)** olyan fermentált kolbászokon, amelyet speciális étrenden tartott sertések húsból állítottak elő (kontroll esetében (CO): kukorica, árpa, búza, szójabab; nagy olajsav (HO) tartalmú esetében: kukorica, árpa, búza, napraforgóolaj; magas linolsav esetében (HL): kukorica, árpa, búza, napraforgóolaj, szójaolaj). A legmagasabb TBA (tiobarbitursav reaktív anyagok) értékek sorban HL, HO, CO mintákban voltak. (Rubio szerint a HL mintában nagyon magas PUFA tartalom (többszörösen telítetlen zsírsavak) jelentkezett, amely sokkal hajlamosabbá teszi a terméket az oxidációra).

Húspépek esetében a kezelés kismértékben növelte a pH értéket. Ez azzal magyarázható, hogy a proteinek savas csoportjai nyomás hatására csökkennek (pH: 5,75 - 6,0) **(Sikes et al., 2009)**.

Szárított sonkával kapcsolatban is készültek kutatások **(Clariana et al., 2011)**. A nyomás megváltoztatta az érzékszervi tulajdonságokat, de az oxidatív folyamatokat nem.

Tuboly (2009) doktori disszertációjában célkitűzésként az élelmiszerek komplexitását, nyomás hatására bekövetkező változások és reakciók elkülönített vizsgálatát tűzte ki. Megállapította, hogy pulykahúspép esetén számítani kell lipidoxidációval, amelyet egészségkárosító hatása miatt ellensúlyozni kell antioxidánsok hozzáadásával.

Szöveti enzimek esetében katepszin B1-nél a nyomással szembeni védőhatást figyelték meg (miközben a hő ezt gátolja). A kezelés a Ca^{2+} -tól függő ATP-át inaktiválja, pre akár post rigor állapotban. A marhahús kalpain aktivitása erőteljesen csökkent, kalpain I-II 400 MPa hatására teljesen inaktiválódtak. A katepszinek (fehérjebontó-enzimek) amelyek a hús post-mortem puhulásában játszanak szerepet, a savas foszfatáz, a katepszin B és H 500 MPa-on 50 % aktivitást mutattak **(Koncz et al., 2006)**.

A lipidoxidációs termékek ronthatják a húskészítmények elfogadhatóságát, viszont részt vesznek az ibériai sonkára jellemző íz kialakításában **(Fuentes et al., 2010)**. HHP kezelés alkalmazásával nőtt az aldehidek száma a termékben. A kezelés az izomrostokat képes elbontani, melyek magukkal ragadják az oxidációs promotereket, amik katalitikus hatásúak.

A hőkezelés a termékekben denaturációt okoz, amely képes csökkenteni az allergéneket **(Hugas et al., 2002)**. Emellett HHP technológiával növelhető az emészthetőség 200 MPa nyomás alkalmazásával. Nem okoz változást a keményítőben, lupinban, illetve borsó fehérjében. Alkalmas marhahús érlelésére és babfehérjék emészthetővé tételére. Az emészthetőség a proteolízis útján javul.

MAP csomagolás és nagynyomású kezelés kombinációja alacsonyabb TBA számot eredményezett szárnyas virsli tekintetében **(Lerasle et al., 2014)**.

Fűszerek alkalmazásával antioxidáns hatás váltható ki, ennek értelmében csökkenő TBA értéket eredményezett szárított hal (dendeng) esetében **(Suryati et al., 2014)**.

2.2 Vörösárugyártás elmélete és az adalékanyagok szerepe

Vörösárunak a húspépből készült terméket nevezzük, amelyet szalonna hozzáadásával aprítanak, bélbe töltenek, finoman füstölik és hőkezelik **(Dióspatonyi, 2001)**.

2.2.1 Pépesítés

Pépesítés folyamán megfelelő minőségű (állományú, színű, vízkötőképességű) alapanyagra van szükség, emellett fontos azok mennyisége és adagolási sorrendje, illetve a berendezések technológiai paraméterei. A hús aprítása során az izomszöveti rostok darabolódnak, a

sejtnedvek szabaddá válnak, az aktomiozin komplex foszfát és só hatására disszociál (aktinná és miozinná), a fehérjék megduzzadnak.

Az összetevők adagolási módjának függvényében a technológia lehet egylépcsős vagy többlelépcsős eljárás.

- Az egylépcsős kutterezésnél az összetevőket egyidejűleg aprítják. Az egyes nyersanyagok egymás utáni adagolására és fokozottságára nincs lehetőség. Az aprítás igen intenzív és a lefutási idő rövid.
- A többlelépcsős kutterezésnél hidegen aprítják a sovány húst só és polifoszfátok jelenlétében, így a miozin maximális duzzadóképesége érhető el. A hőmérsékletet 0 °C körül tartják. Amennyiben fagyasztott húst használnak fel, akkor száraz kutterezéssel, hűtött hús esetén jégpehellyel állítják elő a sovány húspépet. A száraz kutterezésnél a sovány húst difoszfát jelenlétében aprítják, majd kellő aprítás után vizet adnak hozzá nitrites sóval együtt. Ezután adják hozzá az elődarált hűtött szalonnát, majd néhány perces aprítás után befejezik a kutterezési műveletet. A pép hőmérsékletének az aprítási-keverési folyamat végére nem szabad 16-17 °C fölé emelkednie.

2.2.2 Bélbetöltés

A betöltött húspépnek szüksége van pihentetésre a színkialakulás végett (kb. 20 perc). A töltést dugattyús, lamellás vagy csigás töltőgéppel végzik. Kis átmérő esetén pározni szokták a terméket, nagyobb átmérő esetén klipszelni és kötözni. Kis átmérőjű termékekhez használhatnak természetes beleket (juh vékonybél: virsli, sertés- és marha-vékonybél: szafaládé, illetve krinolin), emészthető, kollagén alapú műbeleket (virsli) vagy cellulóz alapú műbeleket (celofánbél: virsli). A nagy átmérőjű termékhez kollagén alapú, nem emészthető műbeleket (Cutisin, Fibrán, Naturin) vagy cellulóz alapú, rostos műbeleket (Nalo-Faser, Visco, Fibrous, Walsroder) használnak. Hosszabb eltarthatóságú termékek gyártásánál PVDC-vel (Polivinilidén-klorid) lakkozott cellulóz alapú műbeleket használnak, amelyek meggátolják az utószennyezésként a felületre jutó mikrobák behatolását (nem teszi lehetővé a füstölést).

2.2.3 Füstölés, főzés

Elsősorban íz- és színkialakítás céljából alkalmazzák. A főzés célja egyrészt a vörösárura jellemző rugalmas állomány kialakítása, a húsfehérjék koagulációja (megszilárdulása) a gél képzés révén, másrészt a nemkívánatos mikrobák jelentős mértékű elpusztítása (**1. táblázat**).

1. táblázat: Fehérjék változása hő hatására (Forrás: Eszes, 2010)

Hőmérséklet (°C)	Változás	Denaturáció hőmérséklete (°C)
35-50	Aktomiozin kibomlása	Szarkoplazma fehérjék 40-45 °C
50-70	Koaguláció, kovalens kötések átrendeződése	Miozin 50-55 °C
50-55	A fibrilláris fehérjék átrendeződése	Kötőszöveti fehérjék 65-70 °C
70 felett	A koaguláció befejeződése	Aktin 70-80 °C
80 felett	Szerkezeti fehérjék koagulációja	
100 felett	Kötőszöveti kollagén zselatinná alakul	

A hőkezelés általában füstöléssel kezdődik, amelyet szárítás előz meg, a felületet ugyanis le kell szárítani ahhoz, hogy a füstalkotórészek rácsapódjanak, és a felületen maradjanak. A szárítást követi a füstölés, fokozatosan növelt hőmérsékleten (40, 60, 80 °C), majd kb. 75 °C külső hőmérsékleten 72 °C maghőmérséklet eléréséig végzik a hőkezelést. Utána a terméket hideg vizes zuhanyoztatással 6 °C alá hűtik. A gyors hűtés során meg kell akadályozni a maradék mikroflóra szaporodását, mivel hőkezelésnél csak a Gram negatív és Gram pozitív pálcák és kokkusok egy részét inaktiváltuk, a spórák nagy részét nem (*Bacillus* és *Clostridium*). Vörösáruk esetében magas a vízaktivitási érték, tehát ennek mértékével nem számolunk mikrobiológiai terén, viszont a pH érték növekedés (~0,2 pH) kedvez a mikroorganizmusoknak. Tehát elmondható, hogy a hőkezelés és a pác-só rendkívül fontos a gátlás elősegítésében.

2.2.4 Élelmiszerkönyv szerinti követelmény (1-3/13-1 sz. előírás)

A virsli legfeljebb 30 mm átmérőjű, természetes vagy műbélbe töltött, húspépet tartalmazó, hőkezelt, füstölt (vízgőzzáró csomagolás esetén füstöletlen) vagy füstízesítésű homogén metszéspapíros készítmény, amelynek hústartalma min. 40,0 %. Fehérjetartalma legalább 10,0 %, víztartalma 70,0 %, zsírtartalma legfeljebb 25,0 % és nátrium-klorid tartalma legfeljebb 2,5 %. Egyenletes vastagságú, burkolata sima és tiszta, 5 mm-nél nagyobb zsírszálakkal nem rendelkezik. Tapintása rugalmas, szerkezete homogén, 5 mm-nél nagyobb légüreg nem található benne. Nem tartalmaz 3 mm-nél nagyobb ín- és kötőszöveti hártadarabot. Rágás után jól összeálló, lédús, rágási maradék nincs. Metszéspapíra egyenletes színű, nincs mellékíze, illatában, ízében füst érezhető.

2.2.5 Adalékanyagok szerepe és mechanizmusa

Az élelmiszeriparban alkalmazott adalékanyagokat az élelmiszerek érzékszervi tulajdonságainak javítására, eltarthatóságának növelésére, tápértékének megőrzésére, feldolgozhatóságának megkönnyítésére alkalmazzák.

Állományjavító adalékanyagok a foszfátok, a hidrokolloidok és a módosított keményítők. A polifoszfátok alkalmazásával javítható a vízkötő képesség só együttes hatásával, illetve növelhető a hőstabilitás és meggátolható a zsírkiválás.

Foszfát és a konyhasó hatása a vízkötő képességre:

Megkülönböztetünk oldható és nem oldható fehérjéket az izomban. Az izmokat felépítő fehérjék (**2. táblázat**) oldékonyságában szerepet játszik a közvetítő közeg (jelen esetben víz), a töltés és töltéssűrűség, a hidratáció mértéke, a hidrofíl és hidrofób csoportok aránya, illetve a nem fehérje komponensek jelenléte úgy, mint pl. foszfát, szénhidrát és lipid. Vizes oldatokban az oldékonyság befolyásolható hővel, pH érték és ionerősség változtatással. Kisózás esetén (5 %) csökken a fehérjeoldhatóság, a részecskék aggregálódnak.

A duzzadó képes, tehát nem oldható fehérjék esetén só adagolásával nátrium iont és klór iont közvetítve a hús sejtekbe taszító hatás lép fel a klór ionok hatására, és ennek következtében foszfátot adagolva „lágysító hatás” folyamán nagyobb mennyiségű víz kerül megkötésre.

2. táblázat: Húsfehérjék oldékonysága (Húsipari továbbképző napok)

Miofibrilláris fehérjék	pl. aktin, miozin	Nagy só koncentráción oldható.
Szarkoplazma fehérjék	pl. albumin, mioglobin	Gyengébb só koncentráción és vízben oldhatók.
Kötőszöveti fehérjék	pl. kollagén, elasztin	Vízben és sóoldatban oldhatatlan.

Hidrokolloidok növelik az élelmiszer viszkozitását. Gyakran alkalmazott adalékok a karragén, szentjánoskenyérmag-liszt, guargumi, xantángumi. Hatással vannak az állományra, csökkentik a hőkezelési veszteséget és javítják a szeletelhetőséget.

Tartósító hatású adalékanyagok a nátrium-nitrit és a kálium-nitrát. A nátrium-nitrit hatással van a mikrobiológiasra és növeli az eltarthatóságot, emellett befolyásolja a szín stabilitását és antioxidáns hatású is egyben. A kálium-nitrátot egyre ritkábban alkalmazzák, mivel nitritté való bomlása nehezen szabályozható, ezért gyakori színhibát okoz.

Savanyúságot szabályozók (antioxidánsok) alkalmazásának oka főként íz, szín, állomány és pH érték szabályozás tekintetében történik. Ilyenek a szerves savak és sóik, pl. ecetsav, kalcium-acetát, nátrium-acetát, kalcium-aszkorbát, nátrium-aszkorbát, citromsav, nátrium-citrát és tejsav.

Ízfokozók és egyéb anyagok: ízfokozóknak önmagukban nincs szerepük, és kis mennyiségben kerülnek alkalmazásra. Egyéb adalékanyagként vannak számon tartva a csomagológázok (szén-dioxid, nitrogén, oxigén), bevonó anyagok (viasz és nemes penész), illetve a bélyegzőfestékek.

Fűszerek, fűszerkeverékek és kivonataik segítik elő, hogy a termék ízletesebb legyen érzékszervileg. Egyaránt alkalmaznak hazai (pl. kömény, koriander, majoránna, vöröshagyma, fokhagyma) és külföldi fűszereket (pl. bors, szegfűbors, szerecsendió, babérlevél) is. Kivonatok az adott fűszernövény extrahálása, sajtolása és desztillálása során jönnek létre. Koncentrációjuk magas, ezért hígítva kerülnek forgalomba. Fűszerkeverékek többféle fűszerből állnak, előnyük hogy a megfelelő arányban tartalmazzák a megfelelő technológiai adalékanyagokat, mint pl. foszfátok, antioxidánsok.

2.3 Statisztika elmélet

A biometria segítséget nyújt az általunk elvégzett vizsgálatoknak, kísérleteknek, megfigyelések eredményeinek és kölcsönhatásainak megismerésében. A megfigyelés egységei a minta elemei. A mintából matematikai statisztikai módszerek segítségével általánosítunk, következtetéseket vonunk le arra az összességre (alapsokaságra), amelyet a minta reprezentál (Sváb, 1981).

2.3.1 Linearitás, regresszió

Ha az iránt érdeklődünk, vajon fennáll-e kapcsolat az ismérvek között (2 mennyiségi ismerv) vagy sem, illetve milyen irányú és erősségű az összefüggés, a korrelációs számítás eszközeivel

kaphatunk választ kérdéseinkre. Az összefüggésekhez tartozó matematikai függvények leírásával a regresszió számítás foglalkozik. A korrelációs mérőszám („rend az összevisszaságban”) az r , aminek követelményei a következőképpen alakulnak:

Ha nincs összefüggés, azaz függetlenek egymástól, a szorosság mérőszámának nullát kell adnia, ha fennáll kapcsolat, a mérőszámnak $+1$ és -1 közötti értéket kell felvennie.

Leegyszerűsített esetben a kapcsolat szorosságát az alábbi számokkal határozzuk meg: $0-0,25$ -ig nincs kapcsolat; $0,25-0,50$ van gyenge kapcsolat; $0,50-0,75$ mérsékelten erős; $0,75-1,0$ erős a kapcsolat.

2.3.2 ANOVA

Két szempontos varianciaanalízis során az összehasonlítandó egységek két független szempontból is vizsgálhatóak. Csoporton belüli szórások vizsgálatára Levene statisztikát alkalmaztam, ha $p < 0,05$ az a szórások nem egyezőségét mutatja, így ebben az esetben nem alkalmazható a varianciaanalízis. Hipotézis vizsgálat alapján; H_0 : az első tényező szerint a mintaátlagok hasonlóak, H_{01} : második tényezőre a mintaátlagok hasonlóak, $H_0^{1 \times 2}$: első és második tényező között additív hatás van, H_1 : a tényezők között interakció figyelhető meg (hatások nem azonosak)

Varianciaanalízis alkalmazhatóságának feltételei:

- Függő változó normál eloszlású és azonos szórású legyen.
- A mintavételi objektumok egymástól függetlenek legyenek.

3 Célkitűzés

A hazai élelmiszerfogyasztásban népszerűségnek örvendenek a hőkezelt termékek esetében a vörösáruk, amelyeknek fő képviselőjük a virslitermékek. Az alkalmazott fűszerek esetében elmondható, hogy fő fűszerük a fehérbors, a sótartalom tekintetében 1,8–2,2 %-os koncentrációval rendelkeznek. Az EU és a hazai só stop (www.stopso.eu) program keretében cél ennek a koncentrációnak a csökkentése. Ezen termékek eltarthatósága korlátozott kb. 2-4 hét, tehát igény van ennek tekintetében az eltarthatóság növelésére.

Célomnak tekintetem a vizsgált paraméterek, illetve eredmények ismeretében megállapítani, hogy csökkenthető-e a pác-só koncentráció mennyisége a megfelelő minőség romlása nélkül, azaz:

- a pác-só csökkentésből eredő élelmiszer-biztonsági és minőségi probléma kompenzálható-e a HHP kezelés alkalmazásával,
- alkalmazható-e, mint kéméletes kiegészítő tartósítási eljárás,
- hogyan hat a technofunkciós tulajdonságra?

4 Anyag és módszer

4.1 Alapanyag

Kísérletemhez felhasznált vörösáru termék (virslis) saját készítésű volt. Erre azért volt szükség, hogy előállíthatóak legyenek a különböző pác-só mennyiségű vörösáru termékek, amelyeket vizsgálni kívántam. A felhasznált alapanyagokat és adalékanyagokat a **3. táblázatban** ismertetem.

3. táblázat: Felhasznált alap- és adalékanyagok, receptúra

Alapanyagok	Tömeg (%)	Adalékanyagok	Tömeg (%)
Sertéshús	50	Na-aszkorbát	0,21
Szalonna	20	Soluprat	0,25
Jég	30	Nitrites sókeverék	1,6-1,8
		Fűszerpaprika	0,21
		Fehérbors	0,25

4.2 Gyártás, berendezés

A darált sertéshús a jégpehely mennyiség felével tányéros kutterben (Korax Gépgyár Kft.) előkeverésre került. Ezután az adalékanyagokat sorban adagolva (foszfát, sókeverék, jég, nátrium-aszkorbát, bors) és legvégül hozzáadva a szalonnát (5 mm-es szemcsemérettel rendelkezett) aprításra került. Foszfát segítségével a pH érték növekedett, amely a megfelelő víz-zsírkötést stabilizálta. A nitrites sókeverék a baktériumgátlást garantálta, emellett kedvezően hat a színre és az íz kialakításra. A nátrium-aszkorbát mint antioxidáns játszott szerepet. A borshasználat egyrészt ízesítési funkciót lát el, illetve antioxidáns szerepet is betölt. Az elkészült pép 1,6 %-os pác-só tartalmú volt, hőmérséklete 1 °C. A további pác-só koncentráció külön került előállításra a kutterben. Ezután következett a bélbetöltés (juhbel d=21 mm) folyamata, amelyet egy dugattyús töltőgép segítségével hajtottam végre. Helyenként légbuborékok keletkeztek melynek oka, hogy a dugattyús töltőgépbe helyezett paszta nem volt 100 %-ig légmentes, másrészt már az aprítás folyamán belekeveredett a levegő a pépbe. A keletkezett légbuborék nem csak érzékszervileg hátrányos, hanem romlás szempontjából sem kedvező.

A következő lépés a szárítás folyamata volt, amely egy főző-füstölő gép (CS 350 Korax Kerres Anlagenbau GMBH licence) segítségével történt. A felület leszártására azért van szükség, hogy a következő lépésben végrehajtott füstölés egyenletes legyen a terméken. A füstölés vörösárutermékeknel inkább érzékszervi okokból történik, és nem tartósítási célból, hiszen a hőkezelés (maximum 90 °C) hatására elért 72 °C-os maghőmérséklet (termikus középpont hőmérséklete) adja meg a termék biztonságát. Hőhatás folyamán kezdetben térfogat csökkenés történik, ami nem jár zsír- és vízkiválással. 50-55 °C-on fehérje denaturáció indul meg és gélforma alakul ki (háló). 65-70 °C-on zsírcseppeket körülvevő fehérje denaturálódik és összehúzódik, a pH érték növekedik. Mioglobín és oximioglobín szürkésbarna metmiokromogén né alakul.

Az utolsó fázisban zuhanyoztatás segítségével a terméket 15 °C-ra, ezután hűtőkamrába elhelyezve 6 °C alá hűtöttem.

4.3 Csomagolás és HHP kezelés



5-6. ábra: Multivac berendezés és a vákuumcsomagolt virsli
(Forrás: BCE-ÉTK-HÁT; saját fotó)



7. ábra: Virsli kezelése HHP berendezésben
(Forrás: saját fotó)



8. ábra: Nagynyomású berendezés
(Forrás: BCE-ÉTK-HÁT)

Az egy éjszakán át hűtött virsliket másnap vákuumcsomagoltam egy Multivac típusú berendezéssel (**5. ábra**). Vákuum hatására az aerob baktériumok háttérbe szorulnak, és az anaerob baktériumok elszaporodhatnak (pl. *Lactobacillus*). A megfelelő minőség és eltarthatóság szempontjából a legfontosabb tényező a kezdeti csíraszám és a tárolási hőmérséklet (+ 2 és 5 C° között) csomagolt termékek esetében. A vákuumcsomagolt virslik (**6-7. ábra**) nagy hidrosztatikai nyomáskezelésének paraméterei a következők voltak: 600 MPa, 3 perc, közvetítőközeg víz és az alkalmazott berendezés RESATO FPU 100-2000 volt (**8. ábra**).

4.4 Vizsgálati módszerek

Kísérleteim során a **4. táblázat**ban felsorolt mintákon az 56 napos tárolási idő folyamán az alábbi vizsgálatokat végeztem el 3 párhuzamos ismétlésben.

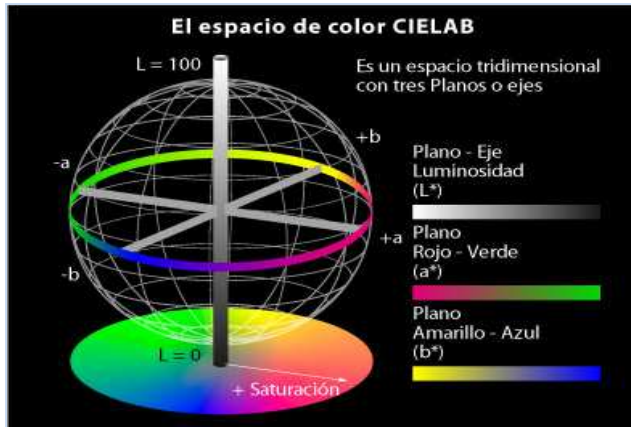
4. táblázat: Mintamátrix és az elvégzett vizsgálatok

1,6 K (kontroll)	1,8 K (kontroll)	1,6 HHP		1,8 HHP					
1,6 %-os pác-só	1,8 %-os pác-só	1,6 %-os pác-só		1,8 %-os pác-só					
tartalmú	tartalmú kontroll	tartalmú nyomáskezelt		tartalmú nyomáskezelt					
kontroll minta	minta	minta		minta					
Vizsgálati időpont (nap)									
Vizsgálati jellemző	0.	7.	14.	21.	28.	35.	42.	49.	56.
Színmérés	x	x	x		x		x	x	x
Víztartó képesség	x	x	x		x		x	x	x
TBA szám	x	x		x		x	x		x
Összcóra	x	x	x		x		x	x	x
Állomány-mérés	5 alkalom: 0., 10., 20., 30., 40. nap								
Érzékszervi	5 alkalom: 0., 10., 20., 30., 40. nap								

4.4.1 Szín

A tárolás során színmérést is végeztem, amelyet egy tristimulusos színmérő készülékkel hajtottam végre (Minolta CR-200). A mérést a termék felszínén és metszéspapján is elvégeztem. A kapott L*, a* és b* értékekből pedig színkülönbséget számoltam annak érdekében, hogy összevegyem a kontroll és nyomáskezelt mintákat különböző pác-só koncentrációk mellett. A színmérés során az L* érték adja meg a világossági tényezőt (L=0-100 feketétől a fehérig), az a* érték a vörös-zöld, a b* érték pedig a kék-sárga

színezetet. A CIELAB színinger tér a színezet jellemzésére vektor formájú mennyiségeket használ **(9. ábra)**. A ΔE^* a CIELAB rendszer legfontosabb jellemzője, amely az átlagos emberi szem által érzékelt színekülönbség. A ΔE^* különböző értékei esetén az alábbi színekülönbségek érzékelhetőek: 0-0,5 esetén nem vehető észre; 0,5-1,5 alig vehető észre; 1,5-3,0 észrevehető; 3,0-6,0 jól látható; 6,0-12 nagy színekülönbségről beszélünk.



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

Számítás menete:

ΔE^* = színekülönbség

$\Delta L^* = L^*_{\text{minta1}} - L^*_{\text{minta2}}$

$\Delta a^* = a^*_{\text{minta1}} - a^*_{\text{minta2}}$

$\Delta b^* = b^*_{\text{minta1}} - b^*_{\text{minta2}}$

9. ábra: Színekülönbség emberi szemmel, Cielab vektorrendszer
(Forrás: http://gusgsm.com/espacio_color_cie_lab)

4.4.2 Vízirtó képesség

A vízirtó képesség mérését szűrőpapír segítségével végeztem. Az előzetesen kiszáritott szűrőpapír tömegét analitikai mérleg segítségével megmértem, ezután a mintából kimértem 0,2-0,4 g-nyit a szűrőpapírra, majd ezeknek együttes tömegét szintén lemértem.



10. ábra: Vízirtó képesség mérése
(Forrás: saját fotó)



11. ábra: Vízirtó képesség mérésére használt szűrőpapír (Forrás: saját fotó)

Ezután 5 percig 500 g-os súlyokkal terheltem, két üveglap között (**10. ábra**). Az idő letelte után a minta által hagyott foltot szárítást követően (**11. ábra**) kivágtam a szűrőpapírból. A folt tömegét arányosítva megkaptam a mg-ra vonatkoztatott víztartó képességet, mintánként 3 párhuzamos méréssel.

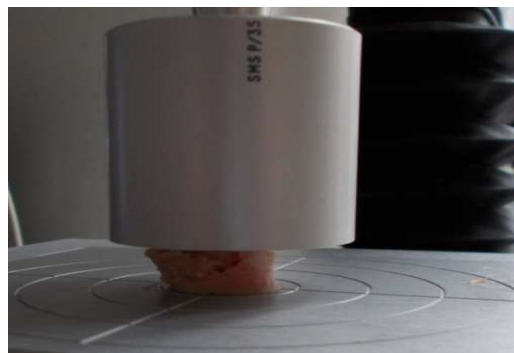
Számítás menete: Folt tömege (g) * Szűrőpapír terület (mm²) / bemért minta (g)

4.4.3 Állománymérés

A minták állomány mérését Stable Micro System berendezéssel végeztem TPA állomány profilanalízis segítségével (**12-13. ábra**). Ehhez d=1,25 cm átmérőjű próbatesteket vágtam, amelyeket 12-15 ° C-on temperáltam (mintánként 24 db), amelyeket 70 % magasságig nyomtam össze (keresztfej sebessége 2 mm/s). A vizsgálat során az emberi harapást próbáltam modellezni. A kapott keménységi értékeket (F1 maximális nyíróerő) eredményeket összehasonlítottam az érzékszervi bírálat során kapott értékekkel.



12. ábra: Próbatestek kivágása
(Forrás: saját fotó)



13. ábra: Minta a mérőfej alatt
(Forrás: saját fotó)

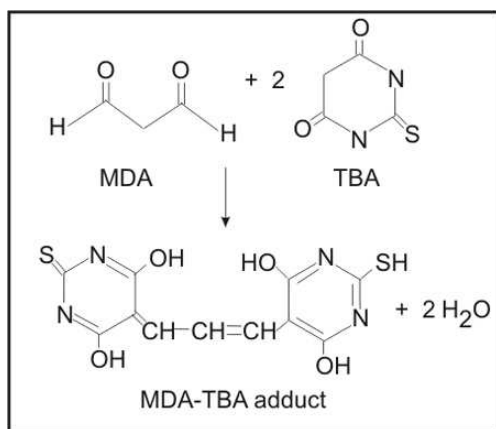
4.4.4 Érzékszervi vizsgálat

Kísérletem során érzékszervi vizsgálatnak is alávettem az elkészült vörösáru termékeket. A bírálók (5 fő) a termék sóságát és keménységét pontozták 1-től (kevésbé sós; puha) 100-ig (nagyon sós; kemény) tartó skálán.

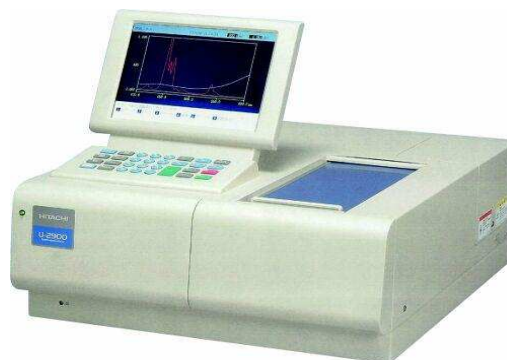
4.4.5 TBA szám meghatározás

A mintákban és a pépekben végbemenő oxidációs folyamatokat TBA-szám méréssel követtem nyomon. A mérés alapja a tiobarbitursav reaktív anyagok mennyiségének meghatározása, amelyek az izomzatban találhatók, oxidatív termékük a malonaldehid. A tiobarbitursav savanyú közegben a malonaldehiddel színes komplexet képez, amely

fotometriálható 532 nm-en (**14. ábra**). A mérést Hitachi U-2900 típusú berendezésen végeztem (**15. ábra**).



14. ábra: Malonaldehyd komplex kialakulása (Forrás: biotec.com)



15. ábra: Spektrofotométer (Forrás: BCE-ÉTK-HÁT)

A mérés folyamán 4 g mintát homogenizáltam 20 cm³ desztillált vízzel 5 percig. Ezután kémcsőbe öntve hozzáadtam 5 cm³ TCA oldatot (25 %-os triklór-ecetsav). A vak mintába 24 cm³ desztillált vizet tettem, amelyhez szintén ugyanannyi TCA oldatot adagoltam. Centrifuga segítségével 10 percig centrifugáltam 5000 ford./perc fokozaton és leszűrtem egy főzőpohárba. Az oldatból 3,5 cm³ mintát kimértem kémcsövekbe és hozzáadtam 1,5 cm³ TBA reagenst (0,6 %-os tiobarbitursav). Értelemszerűen a vak mintába csak reagenst mértem. 30 percig forraltam és ennek hatására elértem a kellő színváltozást. A kémcsövek lehűtése után a vak mintával kalibrálva és a vakkal szemben fotometriáltam a mintáimat.

A malonaldehyd mennyiséget egyenérték számítással határoztam meg:

$$\text{MDA (mg/kg) késztermék} = \frac{((\text{Abszorbancia} \cdot \text{malonaldehydtömegsz.} \cdot \text{össztérfogat} / \text{mintamennyiség}) \cdot 1000)}{(\text{mintamennyiség} \cdot \text{meredekség} \cdot 1000) / 1000}$$

$$\text{TEP kalibráció: } y = 0,012x + 0,018$$

4.4.6 Mikrobiológiai vizsgálatok

Mikrobiológiai vizsgálatok során összcsíraszám meghatározást végeztem 3 párhuzamos mérés segítségével. Minta előkészítés során kimértem 10 g körüli mennyiséget, és ezt 9-szeres hígító folyadék segítségével homogenizáltam 1,5 percig. A homogenizátumokból tizedelő hígítási sort készítettem. A megfelelő hígítási tagból 1 ml-t kipipettáztam steril Petri csészébe, és kb. 15-20 ml TGE agarral lemezöntést végeztem. A petricsészéket 3 napig 37 °C-on termosztáltam és ezután értékeltem ki telepszámlálás segítségével.

4.5 Kiértékelés

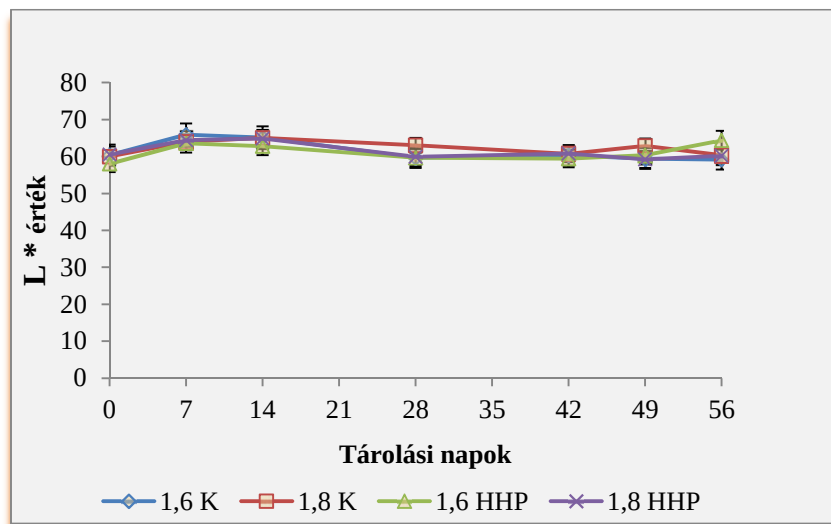
Alkalmazott programok, statisztikai módszerek, számítások:

Méréseim feldolgozásához Excel programot használtam, emellett a statisztikai számításokat SPSS 20 (IBM Software) programmal végeztem. Többszemponos elemzés folyamán egy függő változót vizsgáltam két faktor esetében és azok egymásra gyakorolt hatását.

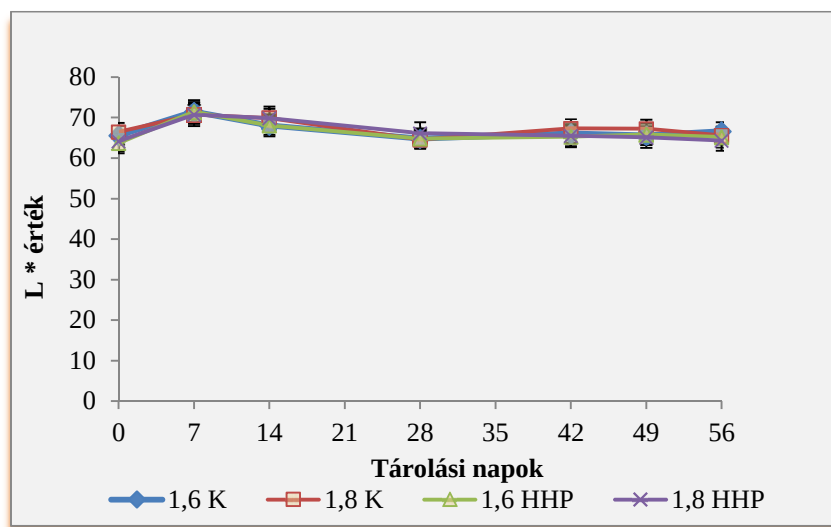
5 Eredmények

5.1 Színmérés eredményei

Világossági tényező (L^*)



16. ábra: L^* csillag érték (világossági színezet) változása a felszínen 1,6 % és 1,8 % pác-só koncentrációjú és nyomáskezelt minták esetén

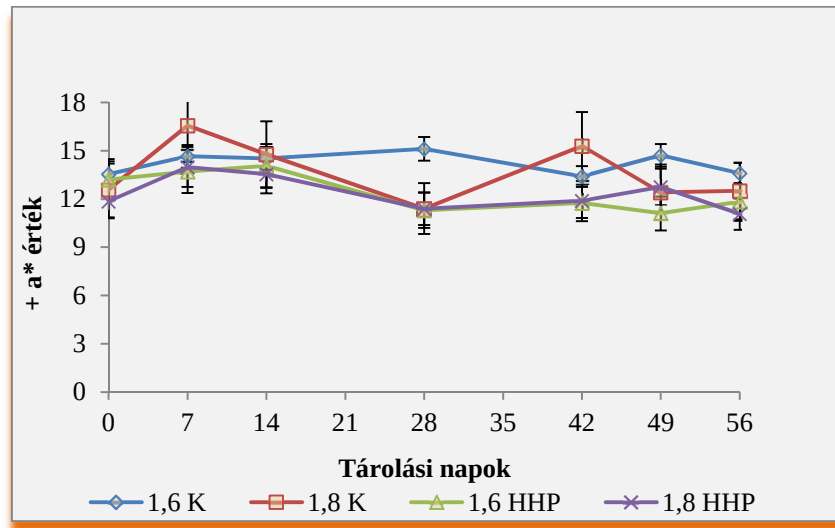


17. ábra: L^* csillag érték (világossági színezet) változása a metszéslapon 1,6 % és 1,8 % pác-só koncentrációjú és nyomáskezelt minták esetén

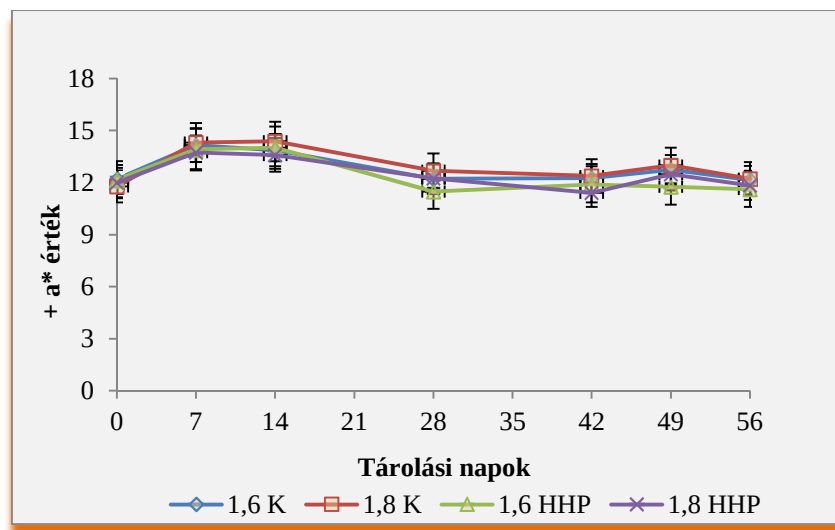
L^* érték (világossági színezet) tekintetében szignifikáns különbséget találtam a felszínen a 7. és 14. napon (**1. sz. melléklet**). Az összes minta világosodott a vákuum, illetve a denaturáció hatására, amelyet a nagynyomású kezelés okozott. Hasonló eredményről számolt be **Yuste et al. (1999)**. Tárolás folyamán nem volt különbség a nyomáskezelt és a kontroll minta között a felszínen (**16. ábra**). Metszéslap tekintetében is világosodás volt tapasztalható a 0. napról a 7. napra, melynek oka, hogy a vákuumcsomagolásban a tárolás folyamán

nedvességáramlás történik a termékből a felületre, illetve a tasakba. A vízvesztés következtében a termék szerkezete lazul, így több fény hatol be a termékbe, amely által világosabbnak látszik (17. ábra).

Vörös színezet (+ a*)



18. ábra: + a* érték változása a felszínen 1,6 % és 1,8 % pác-só koncentrációjú és nyomáskezelte minták esetén

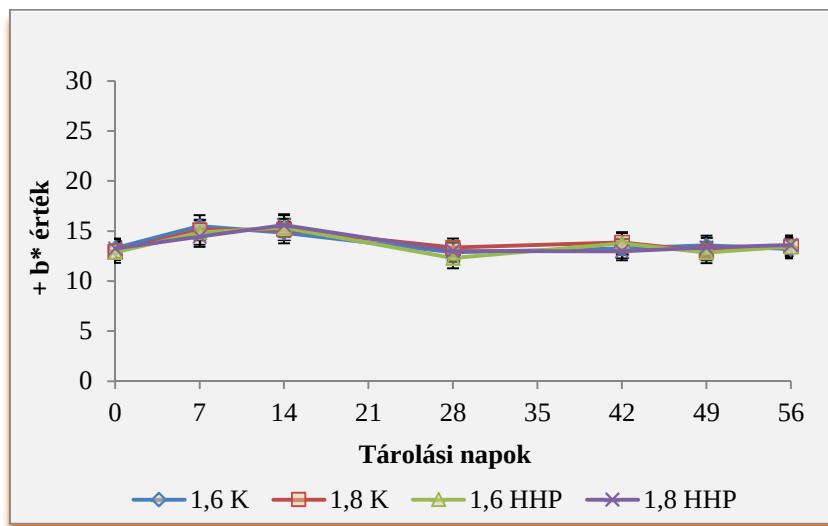


19. ábra: + a* érték változása a metszéslapon 1,6 % és 1,8 % pác-só koncentrációjú és nyomáskezelte minták esetén

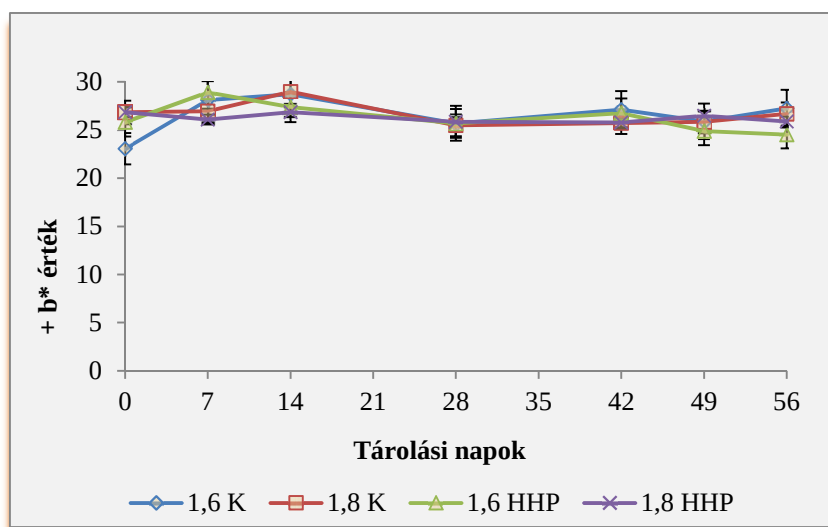
A virsli felületén mért vörös színezet nagyobb ingadozást mutatott, mint a metszéslapon (18-19. ábra). Ennek magyarázata, hogy a termék minták felületén az egyenetlen füstölés eltérést okozott. Valamint a vákuumcsomagolás hatására keletkező lékiválás - a kilúgozódás által – a termék színében változást idézett elő. Nyomáskezelte minták kisebb a* értékkel

rendelkeztek, amelyből megállapítható a minták kevésbé vöröses színt reprezentáltak. Tárolás folyamán sem mutatkozott különbség a minták között.

Sárga színezet (+ b*)



20. ábra: + b* érték változása a metszéslapon 1,6 % és 1,8 % pác-só koncentrációjú és nyomáskezelt minták esetén

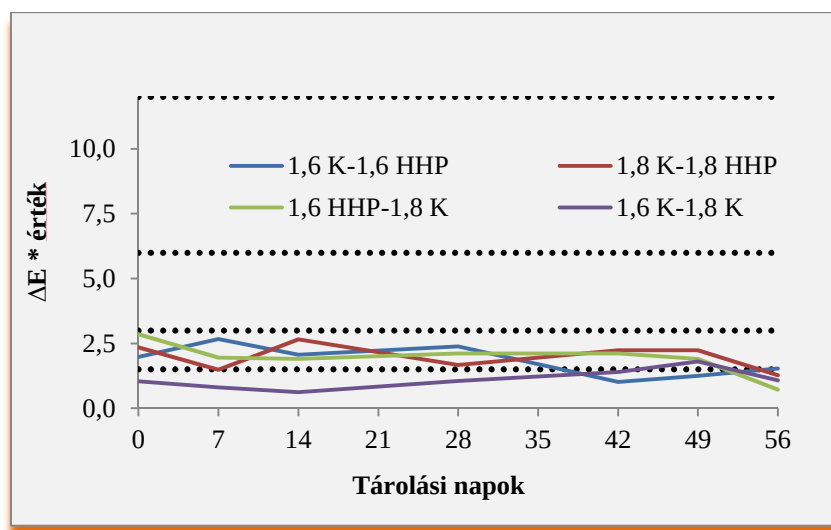


21. ábra: + b* érték változása a felszínen 1,6 % és 1,8 % pác-só koncentrációjú és nyomáskezelt minták esetén

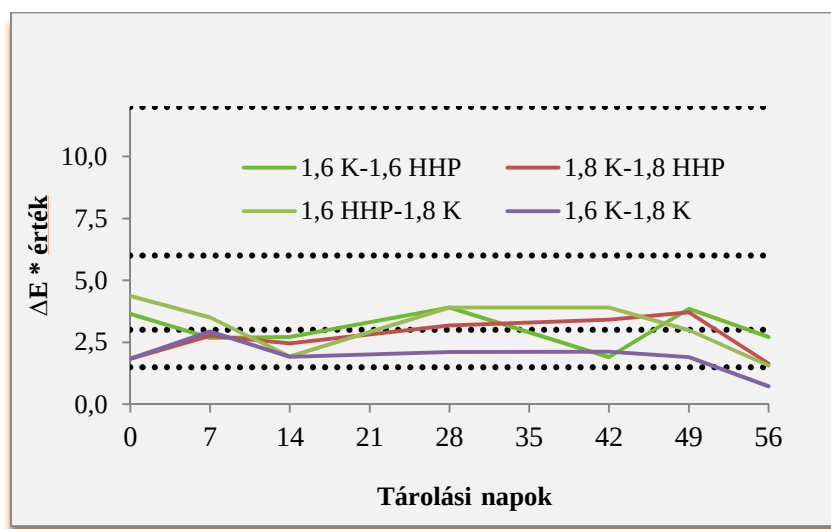
Anova elemzést követően nem volt szignifikáns különbség a csoportok között a pác-só, a HHP kezelés és a tárolás tekintetében (**1. sz. melléklet**).

Metszéslapon végzett mérések alapján elmondható, hogy a termék belsejében kisebb b* érték volt tapasztalható (**20. ábra**). Ennek oka az, hogy a füstölés hatása főként a felszínen érvényesült (**21. ábra**).

Színkülönbség (ΔE^*)



22. ábra: Színkülönbségek a metszéslapon 1,6 % és 1,8 % pác-só koncentrációjú és nyomáskezelt minták esetén



23. ábra: Színkülönbségek a felszínen 1,6 % és 1,8 % pác-só koncentrációjú és nyomáskezelt minták esetén

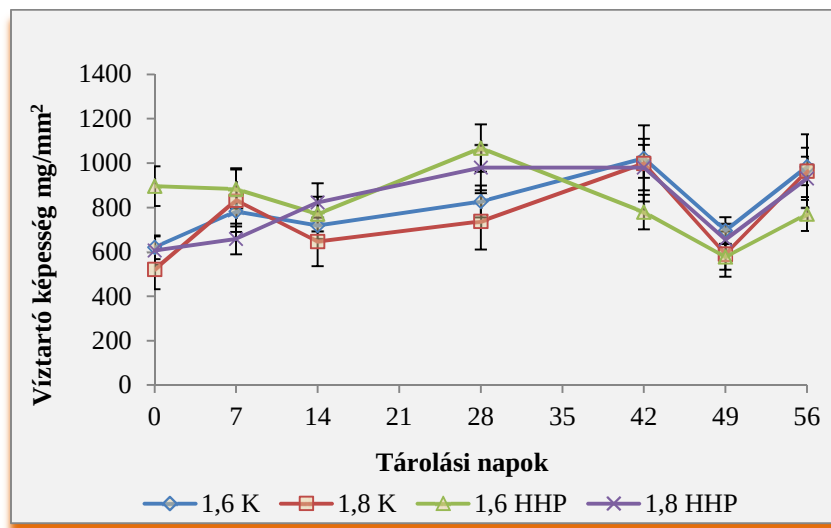
ΔE^* értékeket figyelve látható volt, hogy a metszéslapon a színkülönbség kiegyenlítettebb (22. ábra), míg a felszínen ingadozások voltak tapasztalhatók a tárolás során (23. ábra).

A külső felszínen lejátszódó színkülönbségek a jól látható és észrevehető tartományt nem haladták meg. Fontos azonban megjegyezni, hogy az azonos pác-só mennyiségű kontroll és nyomáskezelt minták között nagyobb színkülönbség volt megfigyelhető, mint az 1,6%-os és 1,8%-os kontroll minták között. Ez arra enged következtetni, hogy a nagynyomású kezelés érzékelhető színkülönbséget képes okozni a terméken. Természetesen a füstölés is szerepet

játszott abban, hogy a felszínen lévő színkülönbségek magasabbak voltak. A metszéslap tekintetében a színkülönbségek az észrevehető és alig észrevehető tartományban mozogtak (22. ábra).

5.2 Víztartó képesség eredménye

Anova elemzést követően szignifikáns különbség volt az 1,6 %-os kontroll és 1,6 %-os nyomáskezelt minta, és 1,8 %-os kontroll, illetve 1,8 %-os nyomáskezelt minta között a HHP kezelés tekintetében (1. sz. melléklet). Az ábra alapján minél kisebb egy minta víztartó képessége, annál rosszabb annak vízkötő képessége.



24. ábra: Vízartó képesség a tárolás folyamán 1,6 % és 1,8 % pác-só koncentrációjú és nyomáskezelt minták esetén

A nyomáskezelés által kifejtett rugalmas alakváltozásnak köszönhetően a nyomáskezelt minta kevésbé tudta a tárolás során kötésben tartani a vizet a kontrollal szemben 1,6 %-os pác-só mennyiség mellett 56 nap figyelembevételével.

1,8 %-os pác-só mennyiség esetében az lenne elvárt, hogy nagyobb legyen a vízkötő-, illetve vízartó képesség azáltal, hogy a fehérjék jobban képesek oldódni, könnyebben kialakul a fehérjeháló annak érdekében, hogy növelje a vízmegkötő képességet. Azonban ennek ellenére sokkal több víz távozott, mint az 1,6 %-os mintánál (5. táblázat). Természetesen nem elhanyagolandó szempont a kezelési paraméter sem. Egy korábbi kísérletem során 10 perces kezelést hajtottam végre a mostani 3 perces kezeléssel szemben azonos nyomás mellett (5. táblázat; Molnár, 2012).

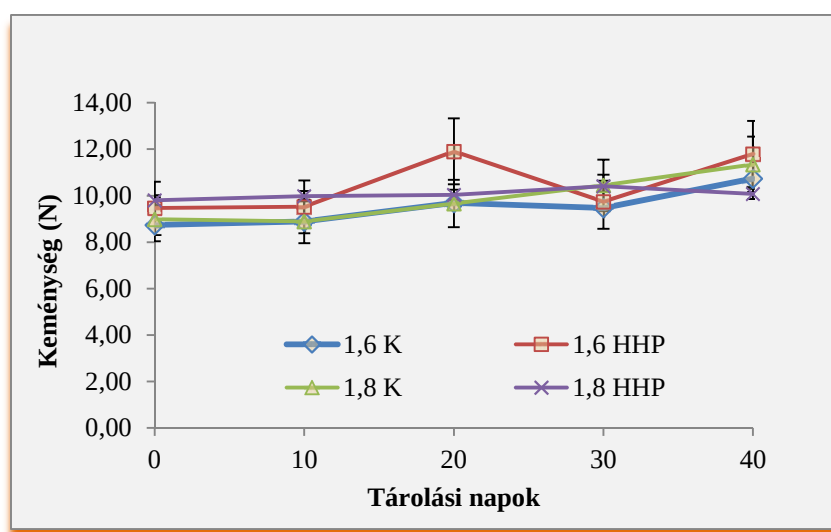
5. táblázat: Vízirtó képesség változásának százalékos értékei a nagy hidrosztatikus nyomás kezelési paramétereinek figyelembevételével a tárolás során (Molnár, 2012)

Kezelés/Minta	1,6 K	1,8 K	1,6 HHP	1,8 HHP	2,0 HHP
600 MPa 10 perc	-	44,49 %	11,21 %	49,98 %	17,98 %
600 MPa 3 perc	5,07 %	9,56 %	3,68 %	9,21 %	-
56. napra	17,23 %	34,36 %	19,91 %	20,95 %	-

A fenti táblázat értékeinek összehasonlítása során elmondható, hogy azonos nyomás mellett a 10 perces kezelési idő nagyobb léeresztést eredményez, mint a 3 perces kezelés a virsliknél 21 napos tárolás figyelembevételével.

5.3 Műszeres állománymérés eredménye

Anova elemzést követően nem volt szignifikáns különbség a csoportok között a pác-só, a HHP kezelés és a tárolás tekintetében (1. sz. melléklet).



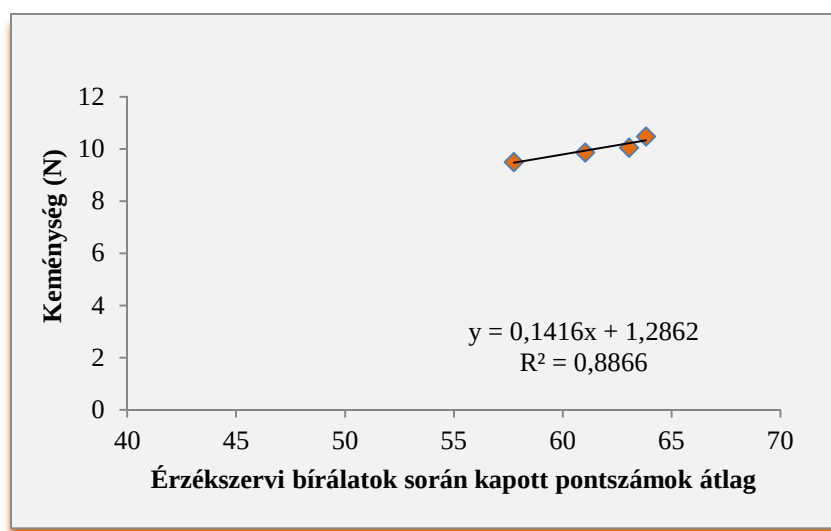
25. ábra: Keménység változása a tárolás folyamán 1,6 % és 1,8 % pác-só koncentrációjú és nyomáskezelte minták esetén

A nagy nyomással kezelt minták esetében nagyobb keménység volt megfigyelhető a kezelés hatására, viszont a tárolás során a kontroll mintákkal hasonló keménységet mutatott. A tárolás végére mindegyik minta esetében kismértékű keménység növekedés volt megfigyelhető (25. ábra). Szakirodalmi tapasztalatok is azt mutatják, hogy a nagy nyomású kezelés tömörebb szerkezetet eredményez a nem kezelttel szemben, illetve pác-só mennyiség növelésével is hasonló hatásokat tapasztalhatunk (Tintchev et al., 2013). Vizsgálataimban hasonló eredményekre jutottam, ugyanazokat a szerkezeti változásokat tapasztaltam.

6. táblázat: Állománymérés eredményei

Keményység (N)	1,6 K	1,6 HHP	1,8 K	1,8 HHP	Állomány	1,6 K	1,6 HHP	1,8 K	1,8 HHP
Átlag	9,51	10,49	9,87	10,06	Átlag	57,75	63,05	61,03	63,83
Szórás	8,33	11,93	10,52	2,18	Szórás	6,36	2,92	6,56	4,11
Műszeres sorrend	1	4	2	3	Érzékszervi sorrend	1	3	2	4

A műszeres eredményeket összehasonlítottam az érzékszervi bírálaton kapott pontozással (**6. táblázat**). Ez alapján elmondható, hogy az objektív műszeres állománymérés és az érzékszervi bírálat állományra vonatkozó értékei között 89 %-os korrelációt tapasztaltam. Vagyis a két módszer az állománymérésben kapott adatok bizonyosságát növeli. (**26. ábra**).

**26. ábra:** Maximális nyíróerő és érzékszervi bírálat eredményeinek összefüggése

Az állomány értékek összehasonlításában a kontroll minták (1,6 %-1,8 % pác-só) rangsora az elvárt módon alakult, viszont a nyomáskezelt minták esetében (1,6 %-1,8 % pác-só HHP) nem az elvárt módon sikerült rangsort felállítani. (Ennek alapja, hogy a minták keménységét tekintve az alábbi sorrendnek kellene teljesülni 1,6 K, 1,8 K, 1,6 HHP, 1,8 HHP). Ez feltételezéseim szerint annak volt köszönhető, hogy kisebb pác-só mennyiség adagolásával hasonló szerkezetet értem el. Megállapítható, hogy a nagynyomású kezelés tömörebb szerkezetet eredményezett, viszont ilyen kis koncentrációkülönbség mellett (0,2 %) nehezen különíthető el a két nyomáskezelt minta. Tehát kevesebb pác-só és nyomáskezelés segítségével ugyanazon kívánt szerkezet érhető el, mint az 1,8 %-os pác-só alkalmazásával.

5.4 Érzékszervi vizsgálat eredménye

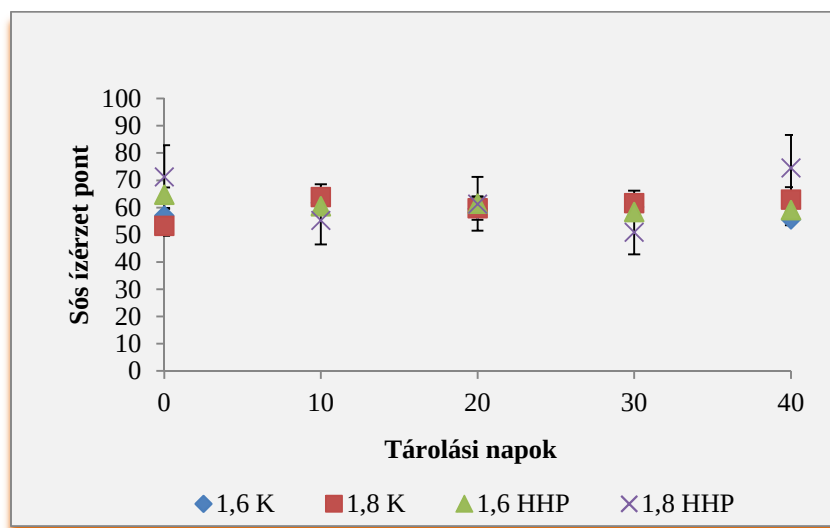
Sós ízérzet és állomány tekintetében a bírálók egy 0-100-ig tartó skálán pontozták a termékek sós ízérzetét és állományát. Sós ízérzet és állomány szempontjából 100 %-ban sikerült a sorrendet felállítani (**7-8. táblázat**), azonban a tárolás folyamán nem változtak a sós ízérzet pontszámai (**27. ábra**).

7. táblázat: Érzékszervi bírálat pontszámai (40. napig sós ízérzet)

Sós ízérzet	1,6 K	1,8 K	1,6 HHP	1,8 HHP
Átlag	59,56	59,07	62,29	62,71
Szórás	2,42	4,21	2,48	10,10
Érzékszervi sorrend	2	1	3	4

8. táblázat: Érzékszervi bírálat pontszámai (40. napig állomány)

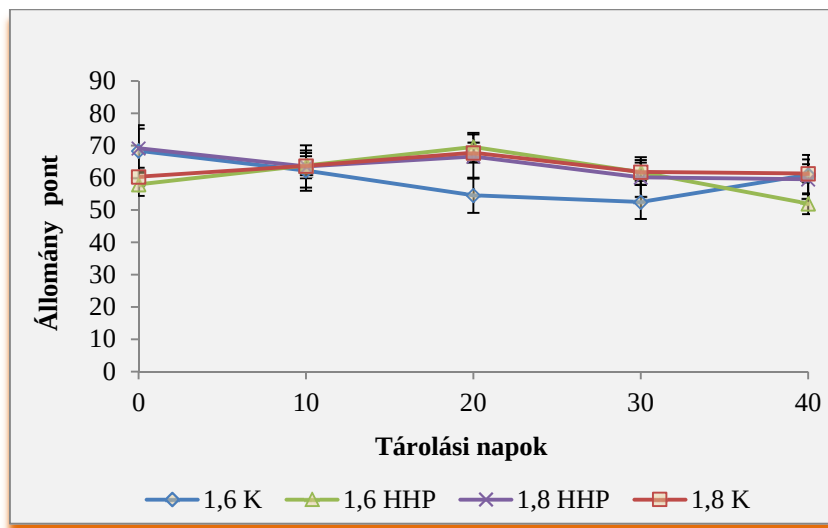
Állomány	1,6 K	1,8 K	1,6 HHP	1,8 HHP
Átlag	61,75	63,99	63,80	66,45
Szórás	6,36	2,92	6,56	4,11
Érzékszervi sorrend	1	2	3	4



27. ábra: Sós ízérzet változása 1,6 % és 1,8 % pác-só koncentrációjú és nyomáskezelt minták esetén

A két pác-só mennyiség tekintetében észrevehető volt, hogy állományban nem okozott nagy különbséget. Tárolás folyamán a keménység fokozatosan csökkent a pontozások alapján (**28. ábra**), míg a műszeres mérés alapján nőtt a keménység. Ennek oka, hogy az érzékszervi

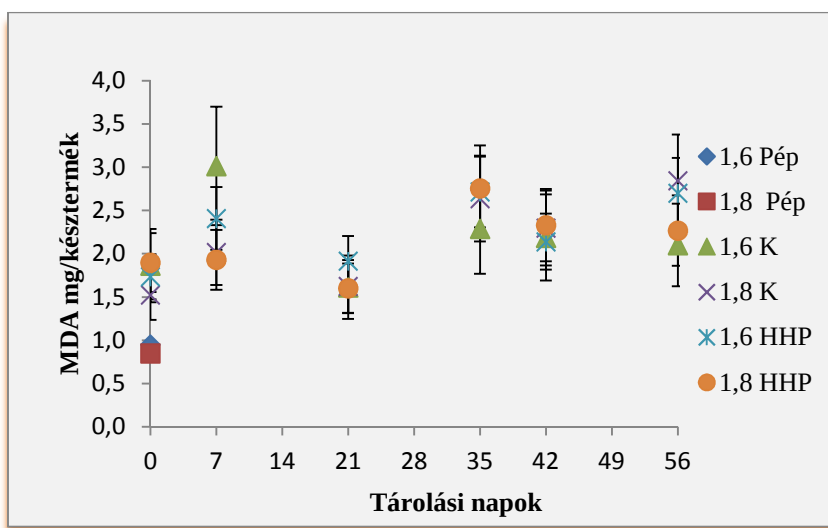
bírálat során melegített formában (50 °C) került bírálásra a termék, míg műszeres vizsgálat folyamán melegítés nélkül (12-13 °C).



28. ábra: Állomány változása a tárolás folyamán 1,6 % és 1,8 % pác-só koncentrációjú és nyomáskezelte minták esetén

5.5 TBA mérés eredményei

Malonaldehid tartalom mérése során nem volt szignifikáns különbség a csoportok között. (1. sz. melléklet).



29. ábra: Lipidoxidáció a tárolás folyamán 1,6 % és 1,8 % pác-só koncentrációjú és nyomáskezelte minták esetén

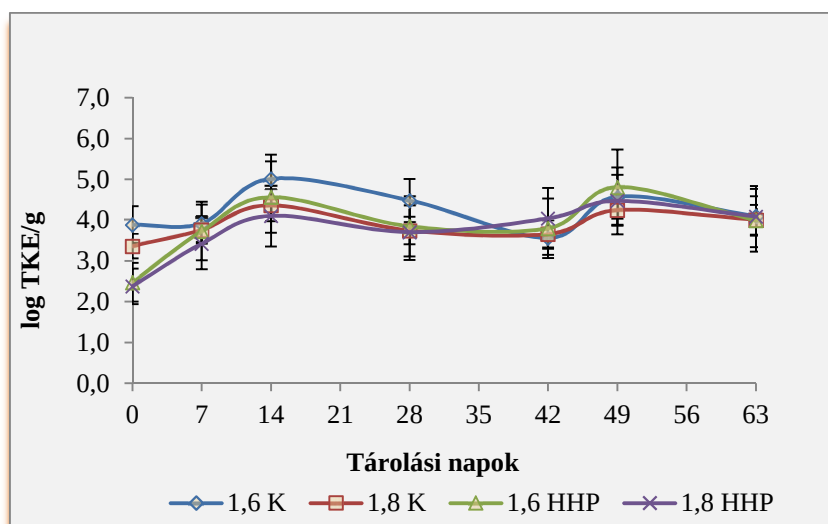
A tárolás folyamán egyértelműen növekedett a lipidoxidáció az összes minta esetében (29. ábra). A kiindulási pépek oxidációs állapota rendkívül alacsony volt a késztermékekhez képest, tehát a növekedés a hőkezelés miatt következett be. Megállapítható az is, hogy

1,8 %-os koncentrációt alkalmazva a lipioxidáció csökkent a pépben a nitritnek és az aszkorbátnak köszönhetően. TBA szám tekintetében szignifikáns különbség volt megfigyelhető az 1,6 %-os kontroll és az 1,6 %-os HHP esetében, tehát a HHP kezelés növelte a lipioxidáció mértékét. ($p < 0,05$). Az alapanyag nem volt kimondottan frissnek mondható, erről mikrobiológiai állapota is árulkodott. Ennek értelmében a jó alapanyag kiválasztása nemcsak technológiai és mikrobiológiai előnyökkel szolgál, hanem kisebb lipioxidációt is eredményezhet.

5.6 Mikrobiológiai vizsgálat eredményei

Darált sertéshús alapanyagot alkalmaztam melynek a 2073/2005 EK rendelet szerint aerob mikrobaszáma a $M=5 \cdot 10^6$ TKE/g határérték intervallumot nem haladhatja meg a gyártás végéig húsipari termékgyártás esetén (tételminősítésre vonatkozóan). A kész húspép mikrobaszáma az esetben 6,4 log TKE/g volt, ami magasnak tekinthető. A meglehetően magas induló mikrobaszám feltehetően egyrészt a húsalapanyagból származik, míg egy része a készítés során került a húspépbe a környezetből. A pépek csíraszámához képest a hőkezeléssel 2,5 nagyságrendi csökkenést értem el. Nyomáskezeléssel 600 MPa-on 4 nagyságrendi csökkenés volt megfigyelhető 3 perces kezelés hatására. A 7. npra viszont a sejtszámok kiegyenlítődték mind kontroll, mind a nyomáskezelt minták esetében. A terméket vákuumcsomagolással láttam el a 0. napon, ebből adódóan a mikroflóra főként anaerob természetűvé vált. Vákuumcsomagolt termékekben, kezdetben mikrokokkuszok jelennek meg, de később feltételezhetően tejsavbaktériumok veszik át a szerepet. A 63. npra az összes minta esetében mikrobaszám csökkenés volt megfigyelhető a 49. naphoz képest. A kontroll és nyomáskezelt minták sejtszáma közel azonos mértékű volt.

A fenti eredményekből vitathatatlan a hőkezelés és a nagynyomású kezelés mikrobacsökkentő hatása. A tárolás folyamán az anaerob környezetben gyors mikrobanovekedés következett be, amely a 49. napon érte el a maximumát, ahol feltehetően a tápanyagok elfogytak és mikrobaszám csökkenés indult meg **(30. ábra)**. Egy kutatás esetében az enterobaktériumok és pszeudomonaszok esetében hasonló kinetika volt megfigyelhető a 14. npra **(Diez et al., 2008)**.



30. ábra: Sejtszám a tárolás alatt 1,6 % és 1,8 % pác-só koncentrációjú és nyomáskezelt minták esetén

Eredményeim alapján úgy gondolom, hogy rendkívül fontos az alapanyag kezdeti csíraszama a megfelelő minőség tekintetében. Minél kisebb az induló csíraszám, annál kisebb csíraszámú terméket kapunk a hőkezelés és a nagynyomású kezelés végrehajtásával egészen a tárolás végéig. A nagynyomású kezelés további 1-1,5 nagyságrendi csíraszám csökkenést eredményezett hőkezelés után, viszont tárolás során nem volt számottevő különbség a kontrollhoz képest. Jelentősebb csökkenéshez feltehetően nagyobb nyomásérték vagy kezelési idő szükséges.

Másrészt pác-só koncentráció esetében 0,2 % különbség szintén nem okozott számottevő mikrobaszám különbséget. Így elegendő az 1,6 %-os pác-só koncentráció alkalmazása mikrobiológiai szempontból.

Anova elemzést követően nem volt szignifikáns különbség a csoportok között a pác-só, a HHP kezelés és a tárolás tekintetében **(1. sz. melléklet)**.

6 Javaslatok

Az elvégzett vizsgálatok alapján úgy gondolom, hogy nincs akadálya az **1,6 %-os pác-só mennyiség** alkalmazásának nagynyomású kezeléssel kiegészítve. A pác-só mennyiségének csökkentése **nem okozott a technofunkciós paraméterekben számottevő különbséget**.

A mikrobiológiai eredményekből következtetve vitathatatlan a hőkezelés és a nagynyomású kezelés mikrobacsökkentő hatása. Eredményeim alapján úgy gondolom, hogy rendkívül **fontos az alapanyag kezdeti csíraszám** oxidációs, illetve mikrobiológiai szempontból egyaránt. Minél kisebb az induló csíraszám, annál kisebb csíraszámú terméket kapunk a hőkezelés és a nagynyomású kezelés végrehajtásával egészen a tárolás végéig. A nagynyomású kezelés további egy - másfél nagyságrendi csíraszám csökkenést okozott hőkezelés után, viszont tárolás során nem volt számottevő különbség a kontrollhoz képest. **Feltehetően nagyobb nyomásérték vagy kezelési-, illetve tárolási idő szükséges.** Másrészt pác-só koncentráció esetében 0,2 % különbség szintén nem okozott számottevő mikrobaszám különbséget. Összcsíraszám meghatározásán kívül érdemes **méréseket végezni egyéb mikrobacsoportokra, pl. patogén mikrobákra** is, mert csak így jelenthetjük ki, hogy élelmiszerbiztonsági szempontból szavatolható a csökkentett pác-só alkalmazása. Másrészt figyelembe kell venni azt is, hogy a nagynyomású kezelés a hőkezelés után következik, könnyen okozhat rezisztenciát a nyomással szemben **hősokk** hatására, amelyet **Szczepaniak és Paelinck (2005)** is említett.

7 Összefoglalás

A mai kor európai és magyar lakosságára egyaránt jellemző, hogy túlzott mértékű sót visz be táplálkozása során. Mivel a túlzott NaCl bevitel az érrendszeri megbetegedéseken túl károsítja a vesét, és a csontritkulást is elősegíti, ezért célzott programok indultak el a só bevitel csökkentésének érdekében. Vizsgálataim során arra kerestem választ, hogy a nagy hidrosztatikus nyomás alkalmazásával csökkenthető-e a termék gyártásához felhasznált pác-só koncentráció mennyisége a megfelelő minőség és élelmiszerbiztonsági kockázat romlása nélkül.

Különböző vizsgálatokat hajtottam végre annak érdekében, hogy közelebbről megvizsgáljam a nagynyomású kezelés hatását. A saját receptúra alapján készült mintákat színvizsgálatnak, víztartó képesség és mikrobiológiai vizsgálatnak vetettem alá. Emellett kíváncsi voltam a lipioxidációs folyamatokra, annak érdekében hogyan hat az érzékszervi tulajdonságokra különböző pác-só koncentrációk mellett.

Színvizsgálatok tekintetében szignifikáns különbséget találtam a termékek felszíneit illetően a 7. és 14. napon. A minták világosodtak (L^* nőtt) vákuum, illetve a denaturáció hatására, amelyet a HHP kezelés okozott. Metszéslap tekintetében világosodás volt tapasztalható, melynek oka, hogy a vákuumcsomagolásban a tárolás folyamán nedvességáramlás történt a termékből a felületre, illetve a tasakba. A vízvesztés következtében a termék szerkezete lazult, így több fény hatolt be a termékbe, amely által világosabbnak látszott.

A virsli felületén mért vörös színezet nagyobb ingadozást mutatott, mint a metszéslapon. Ennek magyarázata, hogy a termékminták felületén az egyenetlen füstölés eltérést okozott. Valamint a vákuumcsomagolás hatására keletkező lékiválás - a kilúgozódás által - a termék színében változást idézett elő. Nyomáskezelt minták kisebb a^* értékkel rendelkeztek, amelyből megállapítható a minták világosodása. A b^* (sárga színezet) tekintetében a metszéslapon végzett mérések alapján a termék belsejében kisebb érték volt tapasztalható, ennek oka az volt, hogy a füstölés hatása főként a felszínen érvényesült.

A felszínen ΔE^* érték tekintetében erősebb tendenciájú különbség volt megfigyelhető a nyomáskezelt és a kontroll minták között. Ez is azt bizonyítja, hogy a nagynyomású kezelés képes színkülönbséget okozni. A 0,2 % pác-só koncentráció alkalmazásával nem volt

megfigyelhető nagy színkülönbség a kis nitrittartalomnak köszönhetően, így alkalmazható 1,6 %-os koncentrációban is a pác-só.

Víztartó képességben szignifikáns különbség volt megfigyelhető a kontroll és nyomáskezelt mintákat összevetve. Egy korábbi kísérletem alapján úgy gondolom, egy nagyobb kezelési idő, valamint nyomás mellett tömörebb szerkezet jön létre, és ebből kifolyólag a víztartó képesség nagyobb mértékben romlik.

Az állománymérés alapján elmondható, hogy a nagynyomású kezelés tömörebb szerkezetet eredményezett a kontrollhoz képest. A műszeres eredményeket összehasonlítottam az érzékszervi bírálaton kapott pontozással. Ez alapján elmondható, hogy az objektív műszeres állománymérés és az érzékszervi bírálat állományra vonatkozó értékei között 89 %-os korrelációt tapasztaltam. Vagyis a két módszer az állomány-mérésben kapott adatok bizonyosságát növeli.

A nyomáskezelt minták nehezen voltak megkülönböztethetőek a két különböző pác-só koncentráció mellett, amiből arra következtetek, hogy hasonló szerkezetűek lehettek. A két pác-só koncentráció tekintetében észrevehető, hogy a minták állományában nem okozott nagy különbséget. Ezt figyelembe véve nincs akadálya a kevesebb pác-só alkalmazásának.

Az oxidációs folyamatok vizsgálata során nem volt szignifikáns különbség a csoportok között. Ebből könnyen megállapítható, hogy HHP kezelés nem növelte a lipidoxidációt.

Mikrobiológiai eredmények tekintetében a hőkezelés hatása ~2,5 nagyságrendi csíraszám csökkenést mutatott, és a nyomáskezelés hatására további 1-1,5 nagyságrendi csökkenést értem el. A tárolás folyamán a sejtszámok kiegyenlítődtek az összes mintában, tehát nem volt szignifikáns különbség a csoportok között. Később mindegyik minta esetében sejtszám csökkenés volt megfigyelhető, melynek oka a tápanyagok kimerülése. Ennek értelmében további vizsgálatok szükségesek annak érdekében, hogy a jelenlevő mikrobiótákat felmérjük, másrészt fontos lenne további kezelési paramétereket egyszerre alkalmazni és a tárolási időt növelni.

A fenti eredmények alapján:

- *A pác-só mennyiségének 1,8 %-ról 1,6 %-ra való csökkentése az összes csíraszám vizsgálat eredményei alapján nem okoz élelmiszer-biztonsági és minőségi problémát. A vizsgált 63 nap alatt nem derült ki, hogy a nyomáskezelés az eltarthatósági időt növelte volna. Igaz a kontroll és a nyomáskezelt minták is kedvező mikrobiológiai állapotot mutattak, ami feltehetően a jelentős hőterhelésnek köszönhető. Tehát a HHP kezelés eltarthatóság növelő és élelmiszer-biztonsági hatásának meghatározásához hosszabb ideig tartó tárolási próba, illetve a hidrosztatikus nyomás patogénekre gyakorolt hatásának vizsgálata javasolt a későbbiekben.*
- *A hosszú hőkezelést (jelentős hőterhelés) kiegészítve a nagynyomású technológiával további 1-1,5 nagyságrendi sejtszám csökkenés érhető el.*
- *Technofunkciós hatását vizsgálva a nagynyomású kezeléssel elmondható, hogy nem rontja a termék színét, viszont a tömörebb szerkezet által rontja annak víztartó képességét, így a vákuumcsomagolásban nagyobb lékiválást okozhat, melynek hátránya abban rejlik, hogy a fogyasztó részéről elutasításra adhat okot.*

A fenti vizsgálatok alapján véleményem szerint csökkenthetővé tehető az 1,8 % pác-só mennyiség 1,6 %-ra vörösarú termékek esetében anélkül, hogy az technológiailag problémát okozna. További nyomáskezelés alkalmazásával mikrobiológiailag biztonságosabb termék állítható elő, de ennek érdekében még további vizsgálatok szükségesek.

8 Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom konzulenseimnek **Dr. Kiskó Gabriellának** és **Dr. Friedrich Lászlónak**. **Dr. Dalmadi Istvánnak** külön köszönetet mondok, hogy építő jellegű tanácsaival ellátott, annak érdekében, hogy tökéletesítsem dolgozatom. **Csukáné Nemes Mártának** a diplomamunkám méréseinél nyújtott segítségért tartozom köszönettel.

Emellett külön köszönet azon tanárainknak, akik tanulmányaim során tanítottak és hasznos ismeretekkel láttak el.

9 Irodalom jegyzék

1. **Al-Nehlawi S. Guri, Guamis B., Saldo J. (2014):** Synergistic effect of carbon dioxide atmospheres and high hydrostatic pressure to reduce spoilage bacteria on poultry sausages, *Food Science and technology* 58, 404-411.
2. **Bánáti D. (2010):** Fogyasztói vélemények és attitűdök feltárása a HHP és PEF technológiáknál (Fókuszcsoporthoz felmérések), Budapest, Központi Élelmiszer Tudományi Kutatóintézet, 2010, pp. 83-97.
3. **Barta J.(2007):** A gyümölcsfeldolgozás technológiái, Mezőgazda K., 396 p.
4. **Clariana M., Guerrerro L., Sarrage C., Garcia-Regueiro J. A (2011):** Effects of high pressure application and refrigerated storage time on the oxidative stability of sliced skin vacuum packed dry cured ham, *Meat Science*, Volume 90, Issue 2, February 2012, Pages 323–329.
5. **Czermann Krisztina Katinka (2013):** Nagynyomású kezelés hatásának vizsgálata hőkezelt töltelékes húskészítmények érzékszervi tulajdonságaira, állományára
6. **Diez A. M., Santos E. M., Jaimea I., Rovira J. (2008):** Application of organic acid salt and high pressure treatment to improve the preservation of blood sausage, *Meat Science* 25, 154–161.
7. **Dióspatonyi I. (2001):** Húsfeldolgozás technológiája <http://www.chemonet.hu/hun/food/technol/husipar/husipar.html>
8. **Eszes Ferenc (2010):** Hústermékek hőkezelésének tervezése Doktori értekezés Debreceni Egyetem
9. **Fuentes V., Ventanas J., Morcuende D., Estévez M., Ventanas S. (2010):** Lipid and protein oxidation and sensory properties of vacuum packed drycured ham subjected on high hydrostatic pressure, *Meat Science*, 85, 506-514.
10. **Gómez S. M. O. (2011):** Application of novel processing techniques developed for the inactivation and inhibition of food-borne pathogens (University of Burgos)
11. **Grossi A., Søltøft-Jensen J., Knudsen J.C., Christensen M., Orlien V. (2012):** Reduction of salt in pork sausages the addition of carrot fibre or potato and high hydrostatic pressure treatment, *Meat Science*, 92, 481-489.
12. **Haidekker B. (2007):** Csomagolt élelmiszerek tartósítása nagynyomású technológiával, Élelmiszeripari biotechnológiák, www.omikk.bme.hu/collections/mgi_fulltext/bio/2003/11/1104.pdf
13. **Hereu A., Bover-Cid S., Garriga M., Aymerich T. (2012):** High hydrostatic pressure and biopreservation of drycured ham to meet the safety objectives for *Listeria monocytogenes*, *International Journal of Food Microbiology*, 154, 107-112.
14. **Hugas M., Garriga M., Monfort J. M. (2002):** New mild technologies in meat processing, *Meat Science*, 359-371.
15. **Jofré A., Aymerich T., Garriga M. (2008):** Inhibition of *Salmonella* sp. *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in cooked ham by combining antimicrobials high hydrostatic pressure and refrigeration, *Meat Science*, 78, 53-59.
16. **Kiss I, Castillo A, Mészáros L. (2006):** Effect of high hydrostatic pressure and nisin on microorganisms in minced meat., *Acta Alimentaria*, 33, (2), 183-190.

17. **Koncz K., Huszár K., Horti K., Dalmadi I. (2006):** Nagy hidrosztatikus nyomás élelmiszeripari alkalmazása (Minőségkímélő élelmiszer-technológiák és élelmiszer-biztonság. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 50-58. o); In: Balla Csaba, Síró István (szerk): Élelmiszer-biztonság és –minőség II. Élelmiszertechnológiák, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 124-134 o.
18. **Lerasle M., Simonin F. H., Anthoine V., Rezé S., Chéret R., Guillou S. (2014):** Combined use of modified atmosphere packaging and high hydrostatic pressure to extend the shelf life of raw poultry sausage, *Innovation food science and engineering technologies*, 23, 54-60.
19. **Marcos B., Aymerich T., Dolores Guardia M., Garriga M. (2007):** Assasment of HHP and starter culture on the quality properties of low acid fermented sausages, *Meat Science*, 76, 46–53.
20. **Meyers K., Cannon J., Montoya D., Dickson J., Lonergan S., Sebranek J. (2013):** Effects of high hydrostatic pressure and varying of sodiumnitrite from traditional and vegetable based sources on the growt of *Listeria monocytogenes* on RTE sliced ham, *Meat Science*, 94, 69-76.
21. **Molnár Valéria Mária (2012):** Vörösárutermékek nagy hidrosztatikai nyomású kezelése és vizsgálata c. szakdolgozat
22. **Rivas-Cañedo A., Fernández-García E., Nuñez M. (2009):** Volatile compounds in dry-cured Serrano ham subjected to high pressure processing. Effect of the packaging material, *Meat Science*, 82, (2), 162-169.
23. **Rodríguez Y. M., Acosta-Muñiz C., Olivas G. I., Guerrero-Beltrán J., Rodrigo-Aliaga D., Mujica-Paz H., Welti Chanes J., Sepulveda D. R. (2014):** Effect of high hydrostatic pressure on mycelial development spore variability and enzyme activity of *Penicillium roqueforti*, *International Journal of Food Microbiology*, 168-169, 42-46.
24. **Rubio B., Martínez B., García-Cachán M. D., Rovira J., Jaime I. (2007):** The effects of high pressure treatment and of storage periods on the quality of vacuum-packed “salchichón” made of raw material enriched in monounsaturated and polyunsaturated fatty acids, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8, (2), 180-187.
25. **Sikes A. L., Tobin A. B., Tume R. K. (2009):** Use of high pressure to reduce cookloss and improve texture of low-salt beef sausage batters, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10, 405–412.
26. **Sun X., Holley R. A. (2010):** High hydrostatic pressure effects on the texture of meat and meat products, *Journal of Food Science*, 75, (1), R17–R2.
27. **Suryati T., Astawan M., Lioe H., Wresdiyati T.; Usmiati S. (2014):** Nitrite and malonaldehyde reduction in dendeng - Indonesian dried meat - influenced by spices, during methods and pre-cooking preparation, *Meat Science*, 96, 1403-1408.
28. **Sváb J. (1981):** Biometriai módszerek a kutatásban
29. **Paelinck H., Szczepaniak S. (2005):** New strategies for the preservation of cooked ham (*Polish Journal of Foodand Nutrition Sciences*, 14/55, SI 1, 37-40.
30. **Tintchev F., Bindrich U., Toepfl S., Strijowski U., Heinz V., Knorr D. (2013):** High hydrostatic pressure and temperature modeling on frankfurter batters, *Meat Science*, 94, 376-387.

31. **Troy D. J., Crehan C., Mullen A.-M., Desmond E. (2001):** High pressure technology in the manufacture of minimally-processed meat products, The National Food Centre Ireland
32. **Tuboly E. (2009):** Nagy hidrosztatikus nyomású technológia alkalmazásának hatása néhány élelmiszer mikrobiológiai állapotára és minőségjellemzőire (Doktori értekezés)
33. **Yuste J., Mor-Mur M., Capellas M., Guamis B., and Pla R. (1999):** Mechanically recovered poultry meat sausages manufactured with high hydrostatic pressure, Poultry Science, 78, (6), 914-21.
34. Húsipari Továbbképző napok (OHKI)
35. www.stopso.eu, Nemzeti sócsökkentő program, 2014. 10. 26.
36. 2. ábra: Nyomáskezelt termékek (Forrás: Espuna, foodnavigator.usa), 2014.09.11.
37. 3. ábra: Kezelt nyers marha, sertés és hal húсок (Forrás: hyperbaric.com), 2014.09.13.
38. 9. ábra: Színkülönbség emberi szemmel, Cielab vektorrendszer (Forrás: http://gusgsm.com/espacio_color_cie_lab) 2011.02.11.
39. Élelmiszerkönyv (1-3/13-1 sz. előírás)
40. 2075/2005 EK rendelet (darált sertéshús)

10 Mellékletek (számítások, táblázatok)

1. számú melléklet: Statisztikai eredmények

Többszemponos varianciaanalízis

Kétszemponos varianciaanalízis:

- Az összehasonlítandó egységek két független szempontból is elemezhetők és vizsgálható a kettő kölcsönhatása (interakciója) is.
- Interakció: az egyik faktornak a függő változóra vonatkozó hatását módosítja a másik faktor.

Egyváltozós lineáris modell segítségével vizsgálni kívántam, hogy van-e kapcsolat a mérési adatok, a tárolás, illetve a kezelés és a só hatása között (mint két faktor).

1. Tárolás és pác-só mennyiségi faktorok hatásai az L^* , a^* , b^* értékekre, mint függő változóra.

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Tárolás	1,00	0_nap	4
	2,00	7_nap	4
	3,00	35_nap	4
	4,00	28_nap	4
	5,00	42_nap	4
	6,00	49_nap	4
	7,00	56_nap	4
Só	1,00	1,6 %	14
	2,00	1,8 %	14

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: L* külső

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	107,757 ^a	13	8,289	3,360	,016
Intercept	106144,217	1	106144,217	43021,390	,000
Tárolás	97,514	6	16,252	6,587	,002
Só	2,252	1	2,252	,913	,356
Tárolás * Só	7,992	6	1,332	,540	,770
Error	34,541	14	2,467		
Total	106286,516	28			
Corrected Total	142,299	27			

a - R Squared = ,757 (Adjusted R Squared = ,532) - faktorok együttes hatása

Van interakció a változók között, a vonalak nem párhuzamosak.

A 2. faktor (só) szintjei közötti különbség az 1. faktor (tárolás) szintjétől függően változik.

Hasonlóak a mintaátlagok a* és b* esetében.

2. Tárolás és pác-só mennyiségi faktorok hatásai a TBA értékekre, mint függő változóra.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TBA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	7,125 ^a	11	,648	1,413	,280	,564
Intercept	108,375	1	108,375	236,455	,000	,952
Só	5,042	1	5,042	11,000	,005	,478
Tárolás	,875	5	,175	,382	,852	,137
Só * Tárolás	1,208	5	,242	,527	,752	,180
Error	5,500	12	,458			
Total	121,000	24				
Corrected Total	12,625	23				

a - R Squared = ,564 (Adjusted R Squared = ,165)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: TBA

LSD

(I) Kezelés	(J) Kezelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1,6	1,6+HHP	-1,3333*	,32914	,001	-2,0199	-,6468
	1,8	-,3333	,32914	,323	-1,0199	,3532
	1,8+HHP	-,8333*	,32914	,020	-1,5199	-,1468
1,6+HHP	1,6	1,3333*	,32914	,001	,6468	2,0199
	1,8	1,0000*	,32914	,006	,3134	1,6866
	1,8+HHP	,5000	,32914	,144	-,1866	1,1866
1,8	1,6	,3333	,32914	,323	-,3532	1,0199
	1,6+HHP	-1,0000*	,32914	,006	-1,6866	-,3134
	1,8+HHP	-,5000	,32914	,144	-1,1866	,1866
1,8+HHP	1,6	,8333*	,32914	,020	,1468	1,5199
	1,6+HHP	-,5000	,32914	,144	-1,1866	,1866
	1,8	,5000	,32914	,144	-,1866	1,1866

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,325.

* The mean difference is significant at the ,05 level.

3. Tárolás és pác-só mennyiségi faktorok hatásai a **víztartó képesség** értékeire, mint függő változóra. **Hasonlóak a mintaátlagok.**
4. Tárolás és pác-só mennyiségi faktorok hatásai a **műszeres állománymérés** értékeire, mint függő változóra. **Hasonlóak a mintaátlagok.**
5. Tárolás és pác-só mennyiségi faktorok hatásai a **sejtszám** értékekre, mint függő változóra. **Hasonlóak a mintaátlagok.**

Egyváltozós lineáris modell segítségével vizsgálni kívántam, hogy van-e kapcsolat a mérési adatok, a kezelés és a só hatása között (mint két faktor).

1. Kezelés és pác-só mennyiségi faktorok hatásai az L^* , a^* , b^* értékekre, mint függő változóra.

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Kezelés	1,00	1,6 K	7
	2,00	1,6+HHP	7
	3,00	1,8 K	7
	4,00	1,8 HHP	7
Só	1,00	1,6	14
	2,00	1,8	14

Hasonlóak a mintaátlagok L^* , a^* és b^* esetében.

2. Kezelés és pác-só mennyiségi faktorok hatásai a TBA értékekre, mint függő változóra.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TBA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	7,625 ^a	7	1,089	3,486	,018	,604
Intercept	97,855	1	97,855	313,135	,000	,951
Kezelés	1,432	3	,477	1,528	,246	,223
Só	2,188	1	2,188	7,002	,018	,304
Kezelés * Só	1,769	3	,590	1,887	,172	,261
Error	5,000	16	,312			
Total	121,000	24				
Corrected Total	12,625	23				

a - R Squared = ,604 (Adjusted R Squared = ,431)

Hasonlóak a mintaátlagok.

3. Kezelés és pác-só mennyiségi faktorok hatásai a **vízartó képesség** értékeire, mint függő változóra.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Vízirtóképesség

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	495952,756 ^a	7	70850,394	3,530	,012	,553
Intercept	16713105,439	1	16713105,439	832,701	,000	,977
Kezelés	404481,864	3	134827,288	6,718	,003	,502
Só	4251,426	1	4251,426	,212	,650	,010
Kezelés * Só	111044,088	3	37014,696	1,844	,172	,217
Error	401419,254	20	20070,963			
Total	17807580,928	28				
Corrected Total	897372,011	27				

a - R Squared = ,553 (Adjusted R Squared = ,396)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Vízirtóképesség

LSD ~ legkisebb szignifikáns differencia

(I) Kezelés	(J) Kezelés	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
	1,6+HHP	-5,4100	75,72688	,944	-163,3735	152,5535
1,6 K	1,8 K	-236,5914*	75,72688	,005	-394,5549	-78,6279
	1,8 HHP	73,8057	75,72688	,341	-84,1578	231,7692
	1,6 K	5,4100	75,72688	,944	-152,5535	163,3735
1,6+HHP	1,8 K	-231,1814*	75,72688	,006	-389,1449	-73,2179
	1,8 HHP	79,2157	75,72688	,308	-78,7478	237,1792
	1,6 K	236,5914*	75,72688	,005	78,6279	394,5549
1,8 K	1,6+HHP	231,1814*	75,72688	,006	73,2179	389,1449
	1,8 HHP	310,3971*	75,72688	,001	152,4336	468,3607
	1,6 K	-73,8057	75,72688	,341	-231,7692	84,1578
1,8 HHP	1,6+HHP	-79,2157	75,72688	,308	-237,1792	78,7478
	1,8 K	-310,3971*	75,72688	,001	-468,3607	-152,4336

4. Kezelés és pác-só mennyiségi faktorok hatásai a **műszerez állománymérés** értékeire, mint függő változóra. **Hasonlóak a mintaátlagok.**

5. Kezelés és pác-só mennyiségi faktorok hatásai a **sejtszám** értékekre, mint függő változóra. **Hasonlóak a mintaátlagok.**