

SZENT ISTVÁN EGYETEM

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

**HALÁSZATI TERMÉKEK ELTARTHATÓSÁGÁNAK NÖVELÉSE
KOMPLEX, KÍMÉLETES FELDOLGOZÁSTECHNOLÓGIÁVAL**

Palotás Péter

Budapest

2020

**Szent István Egyetem –
Élelmiszertudományi Doktori Iskola**

A doktori iskola megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

Tudományága: Élelmiszertudományok

Vezetője: Simonné Dr. Sarkadi Livia,

Egyetemi tanár, DSc

Szent István Egyetem

Témavezetők: Dr. Friedrich László Ferenc

Egyetemi docens, PhD

Hűtő és Állatitermék Technológiai Tanszék

Élelmiszertudományi Kar

Szent István Egyetem

A doktori iskola és a témavezető jóváhagyó aláírása:

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

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezetők jóváhagyása

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETŐ	5
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
2.1 A HALHÚS TULAJDONSÁGAI	7
2.2 A HALHÚS ROMLÁSA	9
2.3 A STRESSZ HATÁSA A HALHÚS MINŐSÉGÉRE	13
2.4 A HALTERMÉKEK CSOMAGOLÁSTECHNOLÓGIÁJÁNAK FEJLŐDÉSE ÉS AZ ALKALMAZOTT MÓDSZEREK	14
2.4.1 Vákuumcsomagolás	15
2.4.2 Módosított atmoszférájú csomagolás	15
2.5 AZ AKTÍV VÍZ ÉS A KOMBINÁLT KEZELÉSEK	16
2.5.1 Kombinált kezelések lizozímmal	17
2.5.2 Kombinált kezelések tejsavval	18
2.6 NAGY HIDROSZTATIKUS NYOMÁSKEZELÉS (HIGH HYDROSTATIC PRESSURE TREATMENT, HHP)	19
3. CÉLKITŰZÉS	21
4. ANYAG ÉS MÓDSZER	23
4.1 AZ ANYAGOK – HAL	23
4.2 A MÓDSZEREK	23
4.2.1 A stressz hatása a halhús minőségére	23
4.2.2 A vágási technológiák hatása a halhús minőségére	24
4.2.3 Az elektrolizált aktív víz hatása a ponty eltarthatóságára	26
4.2.3.1 Az aktív víz azonnali hatásának vizsgálata	26
4.2.3.2 A tárolási próba és a minták vizsgálata	27
4.2.4 A kombinált kezelések hatása a pontyhús eltarthatóságára	27
4.2.5 Kombinált kezelés savas aktív víz, lizozim enzim és tejsav alkalmazásával	29
4.2.6 A HHP-kezelés hatása a ponty húsminőségére	31
4.2.7 A HHP-kezelés alkalmazása füstölt pontyfilén	33
4.2.8 Szín	34
4.2.9 Állomány	35
4.2.10 Lékiválás	35
4.2.11 Vízretartó képesség	36
4.2.12 Gélelektroforézis-vizsgálatok	36
4.2.12.1 Vágási technológiák hatása	36
4.2.12.2 A HHP-kezelés hatása	37
4.2.12 A TBA-szám mérése	37
4.2.13 Maradék klorát és perklorát meghatározása	38
5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	39
5.1 A STRESSZ HATÁSA A HALHÚS MINŐSÉGÉRE	39
5.1.1 A halhús színének változása objektív színmérés (CIELab) eredményei alapján	39
5.1.2 A pH és a glikogéntartalom változása a feldolgozás során	40

5.1.3 A halhús állományváltozása	42
5.1.4 A víztartó képesség (VTK) mérésének eredményei	43
5.1.5 A glikogén-, a kortizol- és a kortizontartalom mérési eredményei	44
5.2 A VÁGÁSI TECHNOLÓGIÁK HATÁSA A HALHÚS MINŐSÉGÉRE.....	45
5.2.1 A vágási technológiák hatása a halhús színére	45
5.2.2 A pH-érték változása a vágást követően és a tárolás során	47
5.2.3 A gélelektroforézis-vizsgálatok eredményei	49
5.2.4 A kábítási módszerek hatása az ATP-bomlástermékek változására	50
5.2.5 A halhús frissességének változása tárolás során	53
5.2.6 A hűtési sebesség hatása az ATP-bomlástermékek változására	54
5.3 AZ ELEKTROLIZÁLT AKTÍV VÍZ HATÁSA A PONTYHÚS ELTARTHATÓSÁGÁRA	56
5.3.1 Az elektrolizált aktív vizes kezelés azonnali hatása a mikrobiológiai szennyezettségre	56
5.3.2 A tárolási próba mikrobiológiai vizsgálatának eredménye	59
5.4 AKTÍV VÍZ ÉS LIZOZIM VAGY TEJSAV KOMBINÁLT KEZELÉSÉNEK HATÁSA A PONTYHÚS ELTARTHATÓSÁGÁRA	60
5.4.1 TBA-szám	60
5.4.2 Maradék klorát és perklorát meghatározása	61
5.4.3 Aerob mezofil összesírászám meghatározása	61
5.4.4 Érzékszervi minősítés	63
5.5 KOMBINÁLT KEZELÉS SAVAS AKTÍV VÍZ, LIZOZIM ENZIM ÉS TEJSAV ALKALMAZÁSÁVAL	65
5.5.1 Mikrobiológiai elemzések	65
5.5.2 Megmaradó klorát- és perklorát-tartalom	67
5.5.3 Érzékszervi értékelés	68
5.6 A HHP-KEZELÉS HATÁSA A PONTY HÚSMINŐSÉGÉRE	69
5.6.1 Az 1. kísérlet sorozat vizsgálati eredményei	69
5.6.2 A 2. kísérlet sorozat eredményei	74
5.6.3 A 3. kísérlet sorozat eredményei	78
5.6.4 A 4. kísérlet sorozat eredményei	81
5.7 A HHP-KEZELÉS ALKALMAZÁSA FÜSTÖLT HALKÉSZÍTMÉNYEN	88
5.7.1 A füstölt pontyfilé változása a nyomáskezelés hatására	88
5.7.2 A füstölt pontyfilé pH-értékének változása a tárolás során	91
5.7.3 A füstölt pontyfilé színezetének változása a tárolás során	92
5.7.4 Az érzékszervi minősítés eredményei	97
5.7.5 A mikrobiológiai vizsgálatok eredményei	99
5.8 ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	101
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS A JAVASLATOK	103
7. ÖSSZEFOGLALÁS.....	105
8. SUMMARY.....	111
SZAKIRODALMI JEGYZÉK.....	117
MELLÉKLETEK	127

MELLÉKLET I. – AZ ATP BOMLÁSTERMÉKEINEK MÉRÉSE	127
MELLÉKLET II. – A MIKROPLATE READER KALIBRÁLÁSA	129
MELLÉKLET III. – ELEKTROLIZÁLT AKTÍV VIZES KEZELÉS HATÁSA A KONCENTRÁCIÓ ÉS IDŐ FÜGGVÉNYÉBEN A PONTYFILÉK MIKROBIOLÓGIAI TULAJDONSÁGAIRA	129
MELLÉKLET IV. – SALMONELLA T. ÉS LISTERIA M. CSÍRASZÁMVÁLTOZÁSA AZ ELEKTROLIZÁLT AKTÍV VIZES KEZELÉS HATÁSÁRA A KONCENTRÁCIÓ FÜGGVÉNYÉBEN	131
MELLÉKLET V. – SALMONELLA T. ÉS LISTERIA M. CSÍRASZÁMVÁLTOZÁSA AZ ELEKTROLIZÁLT AKTÍV VIZES KEZELÉS HATÁSÁRA AZ IDŐ FÜGGVÉNYÉBEN	133
MELLÉKLET VI. – A TÁROLÁSI PRÓBA STATISZTIKAI EREDMÉNYEI	133
MELLÉKLET VII. – NYOMÁSKEZELÉS ÉS ELEKTROLIZÁLT AKTÍV VIZES KEZELÉS ÖSSZCSÍRASZÁMRA GYAKOROLT AZONNALI HATÁSÁNAK STATISZTIKAI ELEMZÉSE	135
MELLÉKLET VIII.-FÜSTÖLT PONTYFILÉ PH-MÉRÉSÉNEK STATISZTIKAI ELEMZÉSE	144
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	144

1. Bevezető

Napjainkban egyre többen foglalkoznak az egészséges életmód témakörével, és ez magával vonzza az egészséges táplálkozással kapcsolatos kérdést. Táplálkozástanilag szempontból a halfogyasztás előnyös, mivel laza kötőszövege miatt könnyen emészthető, ásványi anyagokban és vitaminokban gazdag, kevés zsírt tartalmaz, valamint gazdag hosszú szénláncú, többszörösen telítetlen zsírsavakban (EPA, DPA, DHA). Ennek következtében egyre több családban, több alkalommal kerül az asztalra hal főfogásként. Azonban még ennek ellenére is nagyon csekély a magyarországi halfogyasztás mértéke.

A tógazdaságok és intenzív haltermelő üzemek bruttó haltermelése együttesen 26 787 tonna volt 2018-ban. Az elmúlt éveket szemlélve az étkezési (piaci) halak előállításában a pontyok dominanciája figyelhető meg, ez a hazai fogyasztási szokásokra vezethető vissza. Az elmúlt évek tendenciáját követve halexportunk 1%-os növekedésével szemben az importérték 14%-al növekedett (AKI, 2019). 2017-ben a legutóbbi felmérés szerint az importból származó tengeri hallal együtt az egy főre jutó magyarországi halfogyasztás mennyisége élősúlyra vetítve 6,4 kg/év, szemben az uniós 20-22 kg/fő/év körüli átlaggal (KSH, 2019). Ennek fő okai a nehéz elérhetőség és az árérzékenység mellett a halhús rövid minőségmegőrzési ideje. Ezek a termékek nagy víztartalmuk miatt a leggyorsabban romló élelmiszerek körébe tartoznak, így kiemelt figyelmet kell fordítani eltarthatóságuk javítására, beszerzésük is friss formában történhet jégágyról kínálva. Az ilyen halakat azonban eltartani a vásárlástól számított egy-két napnál tovább nem tudjuk, mert nagy a mikrobiológiai kockázat. Vásárolhatunk még fagyasztott formában is halat, de annak már nincs friss jellege.

Az eltarthatósági idő növelése, az élelmiszerek biztonságos előállítása és az élelmiszer-biztonság az ipar egyik legnagyobb kihívását jelenti. Becslések szerint az összes megtermelt, emberi fogyasztásra szánt élelmiszer közel egy harmada válik fogyasztásra alkalmatlanná mikrobiális eredetű élelmiszerromlás miatt (Munesue et al., 2015).

A feldolgozó üzemek szempontjából alapvető, hogy törekedjenek olyan terméket előállítani, amely a lehető leghosszabb minőségmegőrzési idővel rendelkezik. Ezen belül nem csupán a biztonságos mikrobiológiai állapot megőrzésére kell gondolni, hanem arra is, hogy a termék ne szenvedjen számottevő változást a kezdeti fizikai állapothoz képest. A külső színezetnek – amellyel a fogyasztó elsőként találkozik – frissességet kell tükröznie, hogy kielégítse a természetes fogyasztói elvárásokat, illetve az illat- és állományjellemzőknek is megfelelőeknek kell lenniük. Korunkban megnövekedett a verseny a piacokon a fogyasztói igények kielégítésére, törekedve ezzel a minél jobb külső és belső tulajdonságokkal rendelkező termék előállítására, mindezzel a frissességet és a minőséget, ízletességet és egészséget sugallva.

Az olyan rövid minőségmegőrzési idejű termékeknél, mint a frissen feldolgozott filézett nyers hal, fontos, hogy minél tovább legyen alkalmas a tárolásra, hozzájárulva ezzel ahhoz, hogy nagyobb távolságra is lehessen szállítani kevesebb veszteséggel, hatékonyabb szállítási költségekkel, illetve több fogyasztót elérve a termékekkel, emellett azt is biztosítva, hogy a fogyasztó is kényelmesebben, tovább tárolhassa. A frissen filézett halat jégágyon 24 óráig tárolják a kiskereskedelmi egységek, míg védőgázos vagy vákuumcsomagolásban 4-6 napig lehet biztonságosan tárolni.

2. Irodalmi áttekintés

2.1 A halhús tulajdonságai

A halhús összetételének ismerete fontos mind a feldolgozóipar, mind pedig a táplálkozástudósok, gasztronómiai szakemberek és a hétköznapi fogyasztók számára. A feldolgozóiparban ugyanis ismerni kell a nyersanyag természetét ahhoz, hogy a megfelelő technológiát válasszuk a termék kezeléséhez (például a fagyasztáshoz, a füstöléshez, a konzerváláshoz). A táplálkozástudomány azt vizsgálja, milyen pozitív hatással van a halhús fogyasztása az emberi szervezetre, hogyan járul hozzá az egészséges életmód tápanyagbeviteli szabályainak kielégítéséhez. A gasztronómiai szakembereknek pedig ismerniük kell a halhús tulajdonságait az étel elkészítéséhez, valamint azt is, hogy a napjainkban oly nagy népszerűségnek örvendő kíméletes ételkészítési eljárásokat hogyan alkalmazhatják a halászati termékeken. A halhús például zsírossága, a hús konzisztenciája – amely nagyban függ a posztmortem pH-tól – miatt más-más elkészítési módot igényel (Love, 1997). A hétköznapi ember, a tudatos fogyasztó számára pedig nemcsak az a fontos, hogy finom ízű, hanem hogy tápláló és egészséges is legyen a hal.

A halhúsból nyerhető az ember számára egyik legértékesebb fehérje, továbbá elsődleges forrása az EPA és DHA n-3 esszenciális zsírsavaknak. A halhús nem más, mint összehúzódásra képes vázizomszövet, amely a test legnagyobb arányban előforduló izomformája. Izomrostjainak átlagos hossza 10 mm, ez az életkorral növekszik (Kiss, 2000). A vázizomzat nagyobb részét fehér izom képezi, amelynek főleg a hirtelen, nagy erő kifejtést igénylő mozgásokban van szerepe. A vázizomzat szelvényezett felépítésű, az izomszelvények (myomerek) száma a csigolyák számával megegyező, egymástól kötőszövetes sővények (myoseptumok) választják el őket. A halak húsa kevesebb kötőszövetet tartalmaz, mint az állandó testhőmérsékletű állatoké. A lenyúzott hal oldalát nézve a vázizomzat szelvényezettsége szemmel jól látható, a szerkezet elfordított W formát mutat, a test keresztmetszetét vizsgálva pedig gyűrűzöttséget formál (Mackie, 1997). A kötőszövetes sővényekben véregek, idegek futnak, illetve egyes fajok esetében szálkák (ossicula ypsiloidea) találhatóak (Murray és Burt, 1991). A halak vázizomzatában vörös és fehér színű izom különíthető el. A fehér izomban anaerob bontásból, tejsavas erjedéssel képződik a mozgáshoz szükséges energia, míg az energia nyerés a vörös izom esetében aerob úton, lipioxidáció révén megy végbe. A vörös izom gazdag hemoglobinban és mioglobinban, amelynek vörös színét is köszönheti (Mackie, 1997). A vörös izomban sok lipid, vitamin és glikogén tárolása egyaránt folyik, ezzel szemben a fehér izomban inkább a glikogén dominál (Kiss, 2000). Vörös izom a test két oldalán felszínesen (musculus lateralis superficialis) és az úszók alapjainál található, részaránya csontos halak esetében 0,5-10%, ám a pelágikus fajoknál ez akár 30% is lehet. A vörös

izom zsír-, egyben n-3 telítetlen zsírsavtartalma magasabb, ezért avasodásra hajlamos (Kiss, 2000). A halhús víztartalma fehér húsú halak filéjében cca. 80%, amely halfajtól, fehérje- és zsírtartalomtól függően 63-86% közé tehető, de szélsőséges esetekben 30-90% is lehet (Murray és Burt, 1991). A víz a halhúsban szorosan fehérjéhez kötődik, így az csak nehezen nyerhető ki, még magas nyomáson is. A halhús fehérjetartalma 15-20% között mozog, egyes pelágikus fajok esetében – például *Euthynnus pelamis* – a 24,9%-t is elérheti (Oehlenschager, 1989). A többi állati fehérjéhez hasonlóan aminosavak összekapcsolódásából jön létre egy hosszú fehérjemolekula. Az aminosavak szén-, hidrogén-, oxigén- és nitrogénatomokat tartalmaznak (Potter és Hotchkiss, 1995). A halfehérjében a gabonafehérjékkel ellentétben általában magas arányban képviselteti magát a lizin és metionin, ezért jól kiegészítik egymást az egészséges étrendben (Murray és Burt, 1991). A fehérjék fontos alkotóelemei enzimeknek, antitesteknek, hormonoknak és a vérnek (Potter és Hotchkiss, 1995). A halfehérje összetétele értékesebb az állandó testhőmérsékletű vágóállatok húsának fehérje-összetételénél, mert igen kedvező arányban tartalmazza az emberi szervezet számára nélkülözhetetlen aminosavakat. 400 g halhús fogyasztása fedezi az ember napi fehérjeszükségletét (Darázs és Aczél, 1987).

A halhús zsírtartalma szélesebb skálán mozoghat, mint a víz- vagy fehérjetartalom még ugyanazon halfaj esetén is, amely az eltérő tápláltság eredménye (Lányi, 1968), de szoros összefüggésben áll a környezeti hőmérséklettel, azaz a vízhőmérséklettel is. A víz hőmérsékletének 20 °C-os emelkedése, amely főleg a mérsékelt égövre jellemző, felére csökkentette a 22:6n3 és 20:4n6 többszörösen telítetlen zsírsavak, és egyúttal kétszeresére emelte a 18:0 zsírsav arányát az aranyhalban (*Carassius auratus*); ez a változás 3-4 nap alatt ment végbe (Smith és Kemp, 1971). A fehér húsú halakra jellemző, hogy a halhús zsírtartalma a vázizomban általában alacsony, míg a szezonális változások a zsírtartalomban főleg a májban figyelhetők meg, ahol a halak a zsír döntő többségét tárolják (Murray és Burt, 1991). A zsírok a szervezet fő energiaforrásai, több mint kétszer annyi kalóriát tartalmaznak, mint ugyanakkora szárazanyag-tartalmú fehérje vagy szénhidrát (Potter és Hotchkiss, 1995). A zsírmolekula tipikusan glicerintől és hozzá kapcsolódó zsírsavakból áll. A természetes zsírok nemcsak egyféle zsírmolekulát, hanem számos különböző variációjú zsírmolekulát tartalmaznak (Potter és Hotchkiss, 1995). A halhús az állandó testhőmérsékletű állatok húsánál kisebb energiataartalmú, ez a kisebb zsírtartalom következménye (Darázs és Aczél, 1987).

A halhús szénhidrát-tartalma meglehetősen alacsony, fehér húsú halak esetében 1% alatti. Az egyik legegyszerűbb felépítésű szénhidrát a glükóz, amely a glikolízis során szolgáltat gyors energiát a fehérizom-kontrakcióhoz, bár a halak esetében a lipid-mobilizáció az energiatermelés fő útja (Potter és Hotchkiss, 1995).

Habár nem rendelkeznek különleges, esszenciális ásványi anyagokkal, arányos ásványianyag-összetételüknek köszönhetően ásványi anyagokban és vitaminokban értékes forrás a halak húsa. A halhús ásványianyag-tartalma valamivel nagyobb, mint az állandó testhőmérsékletű állatok húsaé; foszfort, vasat, káliumot és kalciumot, valamint szervesen kötött jódot is tartalmaz. Szeléntartalmánál fogva jelentős szerepet játszik a szervezet méregtelenítésében, a káros szabadgyökök, a nehézfémek lekötésében, és egyidejűleg erősíti az immunrendszert is (Péterfy, 2002). Ugyanazon halfaj egyedeinek vitamintartalma jelentős eltéréseket mutathat. Még ugyanannak az egyednek a testében sem egyenletes a vitamineloszlás, sok esetben a máj és a belek lényegesen nagyobb zsírban oldódó vitamintartalommal bírnak, mint a halhús. A vízben oldódó vitaminok eloszlása ennél harmonikusabb, a teljes testben jelen lévő vitamintartalom több mint fele fellelhető a halhúsban (Murray és Burt, 1991). Vitamintartalom szempontjából a halhús A-, B1-, B2-, B6-, E-vitamintartalma, valamint nikotinamid-tartalma jelentősebb. Heti kétszeri halfogyasztás fedezi a szervezet ez irányú vitaminigényét (Péterfy, 2002). Az organikus részek elégetése után visszamaradó hamutartalom a szárnyasok húsaéval megegyező, általában 1%-os értéket mutat, a vágóállatoké ennél kevesebb (FAO, 2005).

2.2 A halhús romlása

A fogyasztók általában úgy vélekednek a halhúsról, hogy az a legromlékonyabb élelmiszerek egyike (Temesi, 2013), és ez a vélemény tagadhatatlanul megalapozott. Ugyanakkor a halhús eltarthatóságát, minőségét számtalan tényező befolyásolja, és ezáltal az eltarthatósági idő viszonylag széles skálán változik (Garthwaite, 1997). Számtalan faj alkalmas az emberi fogyasztásra, amelyek különböző környezetből kerülnek vágásra, ez széles variabilitást jelent a mikrobákkal való kontaminálódás terén.

A halhús összetételét kritikusan befolyásoló tényezők:

- környezet: vízrajz, ipari létesítmények és települések hatása, mezőgazdasági technológiai környezet, vízminőség, üledékminőség
- termeléstechológia: vízellátás, a népesítő állomány genetikája, mono- vagy polikultúra telepített gazdaságok esetén, táplálékminőség, takarmányozás
- szállítás, feldolgozás: az élőhal kezelése, stresszfaktor, szállítás, vágás, a feldolgozás körülményei, a tárolás (Csengeri és Szabó, 1999).

A halhús összetételét befolyásoló környezeti tényezők hatnak a hús kémiai összetételére, és ez nagyban befolyásolja a posztmorten biokémiai bomlási folyamatok sebességét (Csengeri és Szabó, 1999). Tehát a minőséget a vágás pillanatáig elsősorban a fentebb felsorolt körülmények határozzák meg, de a vágástól a tárolási körülmények – különösképpen a hőmérséklet – befolyásolják döntően a minőségváltozást (Garthwaite, 1997). A halhús romlásában, azaz a nem

kívánt íz, illatok kialakulásában első lépésben a posztmortem állapotban megkezdődő autolitikus folyamatok játszanak szerepet, azaz az enzimek hatására lezajló bomlás. Ezek az enzimek a hal szervezetében, emésztőcsatornájában és a vázizomban is jelen vannak, részei az élet biokémiai folyamatainak, de a halál beálltát követően a sejtalkotók bomlását okozzák. Ezt követi a testfelszínen természetes körülmények között jelen lévő mikrobák felszaporodása, amely általában opálos-fehér, majd sárgás-zöldes nyálkarétegben manifesztálódik (Garthwaite, 1997). A folyamat előrehaladtával a mikrobák betörnek a húsba, és a szövetek is károsodnak. A feldolgozás és tárolás alatt a hőmérséklet 0 °C-ra csökkentésével mindkét folyamat, azaz az enzimes degradáció és a mikrobiális romlás jelentősen lassítható (Huss, 1995).

Az összes illékony nitrogénbázis (total volatile base nitrogen, TVBN) szintjének hőmérsékletfüggő változását vizsgálva Lengyel és munkatársai (2000) a hazai haltermelés túlnyomó részét adó ponty vizsgálatával is kimutatták, hogy a hőmérséklet csökkenésével a romlás enzimes folyamata jelentősen lassítható. Míg szobahőmérsékleten tárolva már 4 óra alatt elérte a halhúsban a TVBN-szint azt a mértéket, amely az érzékszervi panel által párhuzamosan vizsgált kontrollminták szerint már romlottság benyomását keltik, addig +5 °C-on tárolva ugyanezt a szintet 3 nap alatt produkálta a vizsgált pontyhús. A minőség romlásának kémiai módszerekkel történő objektív értékelése a K, illetve Ki index szolgál, amelyre nemzetközi szinten országok és étkezési kultúra szerint más-más határértékeket szabnak meg (Elira és Uchiyama, 1989). Az adenzinszármazékok dezaminálódása miatt ammónia keletkezik. A ribózmolekula lehasadása mellett adenzinből inozin majd hipoxanthin keletkezik. Ez a folyamat csak a halhúsra jellemző (Kosáry, 2013).

A halak kimondottan romlandóak poikilotermikus természetük, a vízi környezet, a magas post-mortem pH-juk és biológiai összetételük miatt, beleértve a húsuk magas víztartalmát és nemfehérje-nitrogéntartalmát (Huss és Gram, 1996). A frissen kifogott halak baktériumflórája inkább a környezettől függ, mint a halfajtól, mivel a halak folyamatosan ki vannak téve a vízben lévő mikroorganizmusoknak (Austin, 2006). Allen és munkatársai (1983) arról számoltak be, hogy az aerob, heterotróf baktériumflóra domináns része patakokban és folyókban Gram-negatív aszpirogén botokat, nevezetesen az *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Enterobacteriaceae* képviselőit és a *Bacillus* nemzetség Gram-pozitív spórákat hordozó rúd képviselőit tartalmazza. A tanulmányban elkülönített taxonok közül sokat a halak normál mikroflórájához kapcsolnak. Ezt támasztják alá az Al-harbi és Uddin (2004) által összegyűjtött adatok, amelyek a tavakban termesztett tilapia bélcsatornája mikroflórájának szezonális változásait vizsgálták. A fent említett mikroorganizmus-csoportok kimutatása mellett a bélben szezonális eltéréseket találtak a kolóniaszámban. Általában magas baktériumterhelést tapasztaltak a belekben, kivéve télen. Ennek egyik oka az, hogy a víztest

magas környezeti hőmérséklete közel állt a mezofil baktériumok optimális növekedési hőmérsékletéhez.

A tiszta hideg vízből fogott halak esetében jelentősen alacsonyabb a hal felületén kimutatható csíraszám, mint a trópusi, szubtrópusi vagy szennyezett vizekből származó példányok esetében. Nagyon magas szám, azaz 10^7 TKE/cm² található a szennyezett meleg vizekből származó halakon. A mikroorganizmusok megtalálhatók az élő halak összes külső felületén (a bőrön és a kopolyúkon) és a belekben. A csíraszám óriási mértékben eltérhet a szervtől függően, általában a bőr felületén 10^2 – 10^7 TKE/cm², a kopolyútkban és a belekben pedig 10^3 és 10^9 TKE/g közé esik.

Az egészséges élő hal húsa steril, mivel immunrendszere megakadályozza a baktériumok növekedését. Mikor a hal elpusztul, az immunrendszer összeomlik, és a baktériumok szabadon szaporodhatnak. A bőrfelületen a baktériumok elsősorban a pikkelysebeket kolonizálják. Tárolás közben az izomrostok között mozogva behatolnak a testbe. Mivel csak korlátozott számú szervezet jut be ténylegesen a húsba, és a mikrobiális szaporodás főként a felszínen zajlik, a romlás nagyrészt annak következménye, hogy a baktériumenzimek diffundálnak a testbe, és a tápanyagok diffundálnak a felszínre (Huss, 1995).

Az éghajlat, a víz hőmérséklet és ezeknek a vizeknek a mikroflórája miatt a pontyok felszínére, kopolyújára és emésztőrendszerükre magasabb csíraszám jellemző, mint a tengeri vagy hidegvízi fajoké. Mahmoud és munkatársai (2004) beszámoltak arról, hogy a pontymintákon, a kopolyúkon és az emésztőrendszerben mért telepek száma $1,2 \times 10^4$ TKE/cm², $1,6 \times 10^5$ TKE/g és $7,9 \times 10^6$ TKE/g volt. Számos szerző beszámolt a pontyhús rövid eltarthatóságáról (Gelman és mtsai., 1990; Mahmoud és mtsai., 2004), 3-4 napos 5 °C-on végzett tárolás után elérve a 10^6 - 10^7 TKE/g-ot.

Edit K. és tsai. (2018) kimutatták, hogy az általuk vizsgált vízi környezetben és a tenyésztett pontyok nyálkahártyáján a *Chryseobacterium*, *Citrobacter* és *Pseudomonas* mellett a *Aeromonas* nemzetség dominál. Az opportunista kórokozó mikroorganizmusok közül az *Acinetobacter* nemzetség egyes tagjainak lehet szerepe a ponty hűtve tárolása során, az *A. baumannii* szerepe elhanyagolható. A *Pseudomonas* nemzetség képviselői közül a *P. aeruginosa* jelentősége elhanyagolható, a pszichrotoleráns *P. fragi* és *P. psychrophila* dominanciája jellemző. Kimutatták, hogy a hűtve tárolás folyamatában a ponty romlásáért felelős mikrobaközösség összetétele a tárolási folyamat során stabilizálódik és a vizsgált tárolási hőmérsékletektől (2-4; 6-8°C), valamint a csomagolástól függetlenül ugyanazon nemzetségek (*Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Shewanella*) dominanciája figyelhető meg.

A halak mikrobiológiai romlása mellett a patogén mikroorganizmusok jelenléte és szaporodása is korlátozhatja a halhús fogyaszthatóságát. Surendraraj és munkatársai (2009) az enterális baktériumok több tagját felfedezték az akvakultúra-tavakban tenyésztett ponty mintáin, mint például a *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia* és a patogén *E. coli*. Az édesvízi halakhoz kapcsolódó egyéb patogén baktériumok a *C. botulinum*, *C. perfringens* és *Staphylococcus spp.* A *Clostridium botulinum* spóráképző anaerob baktérium, amely az emberekre és az állatokra halálos neuroparalitikus toxinokat termel. Csak a nem proteolitikus B, E és F típusok szaporodnak és termelnek toxint 3,3 °C-on is. Ezek közül az E típus a legelterjedtebb a tengeri és édesvízi környezetben (Eklund és mtsai., 1984). Az *L. monocytogenes* egy olyan pszichotróf kórokozó, amely hűtött hőmérsékleten képes növekedni, és széles körben elterjedt az általános környezetben, beleértve az édesvizeket, a parti vizeket és e területek élő halait. Az élelmiszerek szennyeződése vagy újraszennyeződése a feldolgozás során is megtörténhet (Novotny és mtsai., 2004).

A romlás során a szövetekben lejátszódó első változások a natív enzimek által irányított autolitikus folyamatok, mint az adenzin-trifoszfát bomlása. Az ATP katabolizmusa egy lebomló szekvencia adenzin-difoszfáttá (ADP), adenzin-monofoszfáttá (AMP), inozin-monofoszfáttá (IMP), inozinná (HXR), majd végül hypoxantinná (HX). Egyes ATP-termékek befolyásolják a hal vagy halkészítmény ízét. A magas Hx-szint keserű mellékízt eredményez, míg az IMP kellemes, friss ízt kölcsönöz a húsnak, ezért az IMP ízfokozóként is használható. A frissen fogott halnak a nagyon alacsony IMP-szintje miatt hátrányosabb érzékszervi tulajdonságai vannak (Veciana-Nogues és mtsai., 1997). Az ATP bomlása rögtön a halál után megindul, azonban eleinte konstans értéket vesz fel, mivel a húspanban lévő kreatin-foszfátból (CP) és glikogénből képes szintetizálódni, viszont stresszesebb fogás, illetve vágás esetén, a hal CP- és glikogéntartalékait szinte teljesen felhasználja. Egy bizonyos idő elteltével, a hőmérséklettől függően a teljes glikogéntartalékából ATP szintetizálódik, és a hús ATP-tartalma csökkenni kezd. Ha az ATP szintje 1-2 μmol/g szövet alá esik, az izom a rigor állapotába ér (Cappeln és Jessen, 2001). A hullamerevség alatt a glikogénből képződött tejsav hatására a halizomzat is a vágóállatokéhoz hasonlóan enyhén savanyú kémhatású lesz (pH = 6,0–6,6), majd a kémhatás a hullamerevség oldódásával ismét semlegesé, esetleg enyhén alkalikussá (pH=7,1–7,4) válik. A folyamat még nem vezet a halhús romlásához, de elősegíti a csírák szaporodását (Csiszár, 1964). A hal és a melegvérű állatok húsa között a leglényegesebb különbség az, hogy a halhús glikogéntartalma általában kisebb, így a hal posztmorten pH-csökkenése is kisebb. Ennek az a következménye, hogy a felület kevésbé lesz ellenálló a mikroorganizmusokkal szemben, ezért a legtöbb halfajnál gyorsan következhet be a mikrobiális romlás (Darázs és Aczél, 1987).

Ultrafriss termékek esetében, mivel nem alkalmazunk sem kémiai, sem biológiai tartósítási eljárást és hőkezelést sem, az enzimes fehérjedegradációt csak a hőmérséklet lehető

legalacsonyabb értéken tartásával és a módosított atmoszférájú csomagolási technikákkal tudjuk lassítani. Ezért kiemelt fontosságot kell tulajdonítanunk a mikrobás eredetű romlás lassításának, a jó gyártási gyakorlat követelményeinek, az élelmiszerhigiénia szabályainak legszigorúbb betartásával, valamint olyan új módszerek alkalmazásával, amelyek a halhús érzékszervi tulajdonságait nem, csak a mikrobás kondíciókat befolyásolják.

2.3 A stressz hatása a halhús minőségére

A halak feldolgozás, vágás során hatalmas mértékű stressznek vannak kitéve. A fizikai aktivitásnak és a stressznek igen hátrányos hatásai vannak a hal későbbi minőségére. A hal véráramának vizsgálata stressz hatása alatt azt mutatta, hogy a hal ilyenkor képes újra szétosztani a vért a szervei között, így nő az izmok vértartalma. A hemoglobin- és mioglobin-tartalma és a hemoglobin vastartalmának állapota nagyban befolyásolja a hús színét (Olsen és mtsai., 2008). A hullamerevség beállta az ATP és a glikogén bomlásához köthető, amely ATP részben a halál után a glikogén anaerob glikolízissel tejsavvá való alakulásával keletkezik. A halhús halál utáni energiaszintje a hal tápláltságától és a vágáskor ért stressz mértékétől függ, ami így gyorsíthatja a hullamerevség beálltát, és negatív hatással lehet a hús állományára (Mørkøre és mtsai., 2008). Jó minőségű termék előállításához fontos a hal közvetlen ölés utáni feldolgozása és a hullamerevség alatti feldolgozás elkerülése. A mérések azt mutatják, hogy a hullamerevség előtti feldolgozás nagyobb húsvastagságot és többnapos tárolás után a színmérés magasabb L értékeket eredményezett (Skjervold és mtsai., 2001). A hal kábításának számos módja van, például fulladás, agyrázkódás, szén-dioxid, élve hűtés, aneszteziálás, elektromos sokkolás vagy a nyúltagy mechanikai roncsolása. Általános követelményként egy optimális módszer eszméletlenné teszi a halat a halál pillanatáig, mindenféle izgalom, szenvedés vagy fájdalom megelőzése érdekében. Továbbá eltolja a hullamerevség kezdetét, és kevésbé intenzívvé teszi azt, segítve a textúra későbbi romlásának megelőzését. Diggles (2016) szerint a hal kábításának legemberségesebb és leggyorsabb módja az ikejime. A nyúltagy (*medulla oblongata*) roncsolásával a hal azonnal elpusztul, ami drasztikusan csökkenti a stressz mértékét, illetve megszünteti a halál utáni reflexes mozgás lehetőségét.

Az élő állat izmaiban levő ATP mennyisége magas ott, ahol az összehúzódáshoz szükséges energiát biztosítja. A vágást követően a sejtlégzéssel együtt az ATP-képződés is megáll. A post-mortem fázisban az ATP-bomlásnak három nukleotid terméke keletkezik: inozin-monofoszfát, inozin és hipoxantin; ezek a bomlástermékek felelősek a hal kellemetlen állott ízének kialakulásáért. A halhúsban ezek a post-mortem folyamatok sokkal gyorsabban, akár 2 óra alatt is lejátszódnak, így a húsminőség szempontjából fontos, hogy ezt a folyamatot lassítsuk, illetve a bomlástermékek mennyiségét csökkentsük. A folyamatot a hőmérséklet csökkentésével lehet lassítani, a bomlástermék mennyisége úgy lehet alacsony, ha a kiinduló ATP szintje is alacsony.

Mivel az ikejime módszer esetében a hal környéki idegműködése leáll, így az izomműködés is leáll, ezáltal alacsony a kiinduló ATP mennyisége.

A hús frissességének mérését japán tudósok dolgozták ki. A frissesség mérőszáma a K index, ami azt mutatja meg, hogy az ATP lebomlása milyen mértékben történt meg. A K indexet százalékosan fejezzük ki, az ATP lebomlási útvonalának utolsó két komponensét (inozin és hipoxantin) osztjuk el az összes ATP és lebomlási termékeinek (ADP, AMP, IMP, inozin és hipoxantin) mennyiségével. Minél kisebb a K index értéke, annál frissebb a hal húsa. Mivel hal esetében az ATP nagyon gyorsan lebomlik inozin-monofoszfáttá, így egyszerűsített K értékkel számolunk:

$$K \text{ index } (\%) = \frac{\text{Inozin} + \text{Hipoxantin}}{\text{Inozin} - \text{monofoszfát} + \text{Inozin} + \text{Hipoxantin}}$$

2.4 A haltermékek csomagolástechnológiájának fejlődése és az alkalmazott módszerek

Az élelmiszer-előállítás iparszerűvé válásával, a termelés és fogyasztás térben és időben való eltávolodásával egyidejűleg megnőtt az igény olyan élelmiszer-csomagolási eljárások kifejlesztésére, amelyek a fogyaszthatóság mellett a frissesség megőrzését is hosszabb ideig képesek biztosítani. Az emberiség már évezredek óta ismeri a szárítást és a sózást többek között az állati eredetű élelmiszerek tartósítására, de ezek az eljárások az érzékszervi tulajdonságokat és a beltartalmi értékeket tekintve jelentős változáson mennek keresztül a friss termékhez képest a tartósítás és tárolás során. A műanyagok használata forradalmasította az élelmiszer-csomagolást is: az iparnak azt az igényét volt hivatott kielégíteni, hogy kiküszöbölhető legyenek a termék és a környezet között végbemenő nem kívánt kölcsönhatások. Az első műanyag tasakos csomagolást a második világháború idején kezdte alkalmazni az amerikai hadsereg, de az élelmiszeripari szakemberek korán felismerték, hogy a környezettel való kölcsönhatás megfelelő kiküszöbölése önmagában egyetlen műanyagfajtával sem érhető el. Az első társított műanyagfóliák az 1960-as években jelentek meg. A műanyagok speciális tulajdonságain alapuló társítási eljárásokkal a ma ismert legkülönbözőbb csomagolási technológiák igényeit kielégítő fóliák állíthatók elő. A modern csomagolóanyagok használatával párhuzamosan terjedt el a módosított atmoszférájú csomagolástechnika alkalmazása. A módszer első alkalmazásáról már az 1920-as évekből találunk leírást, de halászati termékek esetében az 1930-as években alkalmazták először. A technológia széleskörű alkalmazása a halfeldolgozásban az elmúlt 30 évben terjedt el széles körben. A módosított atmoszférájú csomagolásnak három, jól elkülöníthető, haltermékek esetében alkalmazott megoldása ismert (Davies, 1997).

2.4.1 Vákuumcsomagolás

A műanyag fóliák élelmiszeriparban való alkalmazásának minden esetben az a célja, hogy a terméket megóvjuk a környezeti hatástól. Ennek legegyszerűbb módja a vákuumcsomagolás. Az eljárás során a normál többletégtű vákuumtartó műanyag tasakból eltávolítjuk az gázokat, a csomagolás felveszi a termék alakját. A csomagoláson belül visszamaradó kismértékű normál légköri gáz a termék metabolikus folyamatai és/vagy mikrobás tevékenység hatására változik, így indirekt módon válik módosított atmoszférává (Davies, 1997). Az eltarthatóság növelését csak a helyes technológiai eljárás betartása mellett, csak kis kezdeti csíraszámnál és megfelelően alacsony hőmérsékletű tárolásnál érhetjük el (Haidekker, 2002). Az eltarthatóságot befolyásolja a mikroorganizmusok szaporodása és az ezzel együtt járó kellemetlen szagú bomlástermékek, valamint a halhús szöveti enzimeinek tevékenysége (például zsírbontó vagy fehérjebontó enzimek), valamint a kémiai, általában oxidációs folyamatok (Haidekker, 2002). Ugyanakkor a csomagolás során elkerülhetetlen a csomagolóanyag helyenkénti gyűrődése, valamint a vákuumhatás miatt a sejtközi nedveknek a halhúsból való fokozott kiválása és a redőkben való felgyülemlése. A csomagoláson belül az oxigén hiánya továbbá egyes termékek színének elváltozásával is jár (Hodossy, 2007).

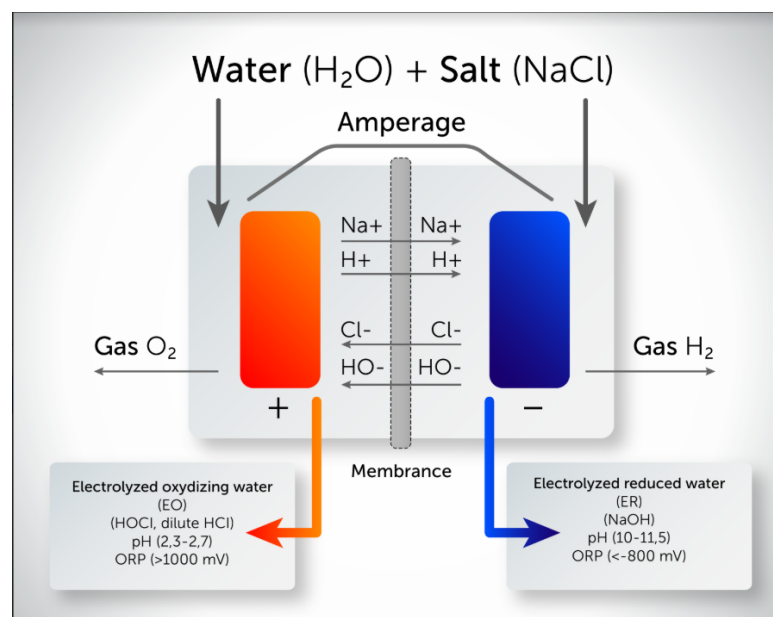
2.4.2 Módosított atmoszférájú csomagolás

A módosított atmoszférájú csomagolás (modified atmosphere packaging, MAP) alkalmazásakor a csomagolási egységben a normál légköri levegőt valamilyen technikai megoldással eltávolítjuk, majd azt előre meghatározott és szabályozott gázkeverékkel helyettesítjük (Davies, 1997). A védőgáz nyershúscsomagolást először Dániában alkalmazták az 1970-es évek elején, és mára az egész világon elterjedt módszer (Szalai és mtsai., 2000). A módosított atmoszférájú csomagoláshoz a gyakorlatban három gáz – CO₂, O₂, N₂ – különböző arányú keverékét alkalmazzák. A széndioxid (CO₂) mind vízben, mind lipidekben oldódik (Davies, 1997), és főként ez az összetevő a baktériumok működését gátló a gázkeverékben (Farber, 1991). A gázkeverék használatának célja, hogy megakadályozza az aerob mikroorganizmusok szaporodását, a termék színének változását, oxidálódását. A védőgáz összetétele a termék egyedi jellemzőitől függ (Szalai és mtsai., 2000). Halak esetében a MAP technológiával elérhető tartósító hatás függ a halfajtól, zsírtartalomtól, microflórájától, gázkeverék összetételétől, gáz és termék arányától és legfőképpen a tárolási hőmérséklettől. Míg a halászati termékek módosított légtérű tárolása jelentősen megnöveli a termék eltarthatóságát a levegőn történő tároláshoz képest, a vákuum csomagoláshoz képest csak csekély mértékű javulást eredményez (Sivertsvik et al., 2002). Emborg és társai (2005) kimutatták, hogy a MAP csomagolás jelentősen csökkentette a

psychrotoleráns *M. morganii* és *P. phosphoreum* baktériumok által termelt hisztamin koncentrációját a vákuum csomagolt mintákhoz képest.

2.5 Az aktív víz és a kombinált kezelések

Az elektrolizált aktív víz (AV) egy új antimikrobás szer, amelyet Japánban fejlesztettek ki, de ipari felhasználása egyre szélesebb körben elterjedt az élelmiszeripar körében (Mahmoud, 2007). Viszonylag könnyű előállítani: a nátrium-kloridot ionmentes vízben oldják, majd az oldatot zárt üregben elektrolizálják. Ennek eredményeként (1. ábra) savas víz (pH 2,3–2,7 és nagyobb mint 1100 mV redoxpotenciál ORP) képződik a membránnal elválasztott tér anódoldalán, amelyben klorid-ion (Cl⁻), hipoklórsav (HOCl) és hígítva sósav koncentrációdik (Xuan és Ling, 2019). A membránnal elválasztott tér másik oldalán lúgos víz (pH 10–11,5 és ORP <800 mV) képződik, amelyben a nátrium-ion (Na⁺) és a nátrium-hidroxid (NaOH) koncentrációdik (Machado és mtsai., 2016). A savas elektrolizált víz hatékony antimikrobiális szer, de felhasználható más szennyeződések eltávolítására is (Huang és mtsai., 2008). A savas aktív víz fertőtlenítő tulajdonságait elsősorban a klór- (Cl) és hidroxil- (OH) gyököket képező HOCl magas koncentrációja biztosítja (Len és mtsai., 2000; Mahmoud et al., 2004; Lv és mtsai., 2019). Magas oxidatív redukciós potenciáljának köszönhetően az AV oxidáló szerként zavarja a sejtek funkciót, ideértve a DNS-szintézist, a permeábilis membránszerkezetet, az anyagcsere-enzimeket és az elektronszállító rendszereket (Liu és mtsai., 2020). A lúgos AV mikrobaölő tulajdonságait legfőként a hidroxilionoknak és a negatív OPR-jának köszönheti. Az iparban szintén népszerű a semleges, illetve az enyhén savas aktív víz alkalmazása is. A keverés pH-ja és OPR-ja a generátor beállításától függ, a mikrobaölő hatását főleg a HOCl és HCl adja (Xuan és Ling, 2019).



1. ábra: Az elektrolizált aktív víz előállítása (Mahmoud és tsai, 2004)

Az AV-nek a következő előnyei vannak: hatékony fertőtlenítőszer, könnyen kezelhető, viszonylag olcsó, és az ionos állapot gyors megszűnésének köszönhetően környezetbarát. Az AV fő előnye azonban a biztonsága. Bár a membrán anódoldalán keletkező AV erős sav, különbözik a sósavtól vagy a kénsavtól, mivel nem korrozív a bőrön, a nyálkahártyán vagy más szerves anyagokon (Mahmoud, 2007). Korábbi kutatások szerint az AV hatását szignifikánsan korlátozta a hal testét takaró mucin-típusú glikoprotein réteg (Ebran és mtsai., 2000; Phuvasate és Su, 2010), ezért javasolt egy kombinált tartósítási módszer kidolgozása, amelyben a különféle kezelések szinergikus vagy additív előnyei tükröződnek, de a halak érzékszervi tulajdonságai nem változnak.

Számos kutatás készült már a halak elektrolizált aktív vizes kezeléséről. Al-holy és Rasco (2015) 1,2 log nagyságrendű csíraszám csökkenésről számolt be *L. monocytogenes* számban szivárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*) savas aktív vizes kezelésének hatására. Hasonló eredményeket jelentett Ozer és Demirci (2006) akik 1,09 log csíraszám csökkenést tapasztaltak lazac (*Salmon salar*) savas aktív vizes kezelése során. Az AV antimikrobás hatásával kapcsolatos kutatások még nem tárgyalták a kezelt élelmiszerek maradék klorátját és klorát-származékait.

A klorát és a perklorát táplálékkal való fogyasztásának eredményeként kimutatták a hemoglobin és hematokrit koncentrációjában, valamint a vörösvértestek számában bekövetkezett 13-28% közötti csökkenését, továbbá pajzsmirigy-diszfunkciót figyeltek meg (Couri és mtsai., 1982; Hamilton és mtsai., 2004). Mivel nem állapítottak meg konkrét maximális klorát maradékanyag-határértéket (MRL) a különböző élelmiszerekre, a 396/2005/EK rendeletben az alapértelmezett, ivóvízre érvényes 0,01 mg/kg MRL vonatkozik az említett rendelet I. mellékletében szereplő valamennyi élelmiszeripari termékre (European Council, 2005). Az EFSA-nak az élelmiszerben lévő klorát jelenlétével kapcsolatos közegészségügyi kockázatokra vonatkozó tudományos véleménye szerint azonban az elméleti 0,7 MRL nem változtatja meg a kloráttal kapcsolatos potenciális kockázatokat (EFSA, 2015).

2.5.1 Kombinált kezelések lizozimmal

Az emlős állatok szervezetéből származó lizozim egy 14.6 kDa molekulatömegű fehérje (Proctor et al., 1988), régóta ismert antimikrobás hatású szer. Enzimátikus hatását elsősorban a Gram-pozitív baktériumokra, kisebb mértékben a Gram-negatív baktériumokra fejti ki, a murein (N-acetil-glükóz-amin és N-acetil-muraminsav egységekből álló muko-poliszacharid) alapláncának β (1-4) glikozidos kötések bontása által.

Az élelmiszeriparban használják gyümölcsök, hús és sajtok eltarthatóságának növelésére (Cunningham et al., 1991), de jellemzően nem önállóan, hanem más baktericid hatású készítményekkel kombinálva. Rao és munkatársai (2008) a lizozim és chitooligoszacharid szinergikus, nyers sertéshúsról és darált nyers sertéshúsról gyakorolt hatását vizsgálták. A kombinált

kezelés hús modellrendszerben végzett alkalmazása az *Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens* és *Bacillus cereus* teljes gátlását, illetve a *Staphylococcus aureus* sejtek számának csökkentését eredményezte (Rao és mtsai., 2008). Több kutatás is készült a lizozim enzim halon és halkészítményeken történő alkalmazásáról. Wang és Shelef (1992) sikeresen alkalmazta a lizozim enzimet tökehal (*Gadus morhua*) húson a *L. monocytogenes* szám növekedésének lassítására. Datta és társai (2008) 2,2-2,8 log különbséget észlelt a kontroll csoporthoz képest a *L. monocytogenes* számban füstölt lazac kalcium alginát rétegbe ágyazott lizozim bevonat alkalmazásával.

Nattress és munkatársai (2003) nizinrel kombinálva használta a lizozim enzimet a hús romlását okozó baktériumainak (*Brochothrix thermosphacta* B2 és *Carnobacterium sp.* 845) csökkentésére. Hatásukat az APT-tápközegben értékelték, húslé-kivonatban, sovány és zsíros sertésszövetben. A vizsgálat eredménye, hogy zsíros és sovány szöveten a nizin és a lizozim keveréke hatékonyabb antimikrobiális hatású lenne, mint akár a nizin, akár a lizozim önmagában (Nattress és Baker, 2003).

A lizozim általános használatának fő korlátja, hogy bár a Gram-pozitív baktérium ellen hatásos, de a Gram-negatív baktériumok ellen már kevésbé (Ito és mtsai., 1997). A kutatások azt mutatják, hogy a lizozim hatása kiterjeszhető a Gram-negatív baktériumokra, lizozim-galaktomannán konjugációjával javíthatóak a funkcionális sajátosságai (Nakamura és mtsai., 1992). A lizozim enzimaktivitása fokozható bizonyos anyagokkal, mint az EDTA, butil-parabén, és más természetes antimikrobás anyagokkal is (Branen és Davidson, 2004; Cegielska-Radziejewska és mtsai., 2008). Azonban a legtöbb kémiai módosítás nem alkalmazható az élelmiszeriparban.

2.5.2 Kombinált kezelések tejsavval

A tejsav az élelmiszeripar számtalan területén használt, antimikrobás hatású szerves sav, amelynek alapja, hogy az alacsony pH denaturáló hatással van a sejtfelszíni enzimekre, (Podolak és mtsai., 1995) a protonok citoplazmába való beáramlása miatt savasodást okoz a sejt citoplazmájában. A képződő gyenge savak disszociálatlan lipofil molekulák, passzívan diffundálhatnak a membránon keresztül (Kashket, 1987). A disszociálatlan savak, a proton gradiens elektrokémiai összeomlásával vagy a sejtmembrán permeabilitásának megváltoztatásával, a szubsztrát transzport rendszer megzavarását eredményezik (Snijders és mtsai., 2011). Az iparban nem jellemző a tejsav nyers halhúson való alkalmazása, viszont gyakran alkalmazzák más szerves savakkal kombinálva füstölt hal eltarthatóságának növelésére (Perloy és mtsai., 1994; Nykänen és mtsai., 2000).

2.6 Nagy hidrosztatikus nyomáskezelés (high hydrostatic pressure treatment, HHP)

A fogyasztók nagy hangsúlyt fektetnek vásárlásaik alkalmával a termékek külső megjelenésére, ezért fontos az olyan tartósítási eljárások alkalmazása, amelyek kedvező érzékszervi tulajdonságokat kölcsönöznek a terméknek, nem tartalmaznak tartósítószerket és adalékanyagokat, ugyanakkor meggátolják a húspan végbemenő romlási folyamatokat, növelik a termék eltarthatósági idejét, és nem utolsósorban ár szempontjából is kedvezőek. Ezeknek a kritériumoknak tökéletesen megfelel a hazai élelmiszeriparban újak számító nagynyomású tartósítás, amelyet már egyre szélesebb körben alkalmaznak a vezető élelmiszer-termelő országok. A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés (HHP) fizikai elven működő eljárás, ebben az esetben az alkalmazott nyomás és kezelési idő meghatározza a kezelés hatékonyságát, illetve kihat a termék megjelenésére, megváltoztathatja annak állományát, színét és egyéb jellemzőjét, ezért fontos annak ismerete, hogy mely kezelési paraméterek milyen mértékű hatást gyakorolnak a termék minőségére (Srinivasa Rao és mtsai., 2014). A jól alkalmazott HHP-kezelés folyamán a termékek alapvetően nem veszítenek tápértékükből, megtartják természetes frissességüket, érzékszervi tulajdonságaik (állag, íz, szag, szín) csak kis mértékben változnak meg. Az eljárás alkalmazása mellett szól, hogy környezetbarát, költség- és energiatakarékos módszer. Ezen felül a nagy hidrosztatikai nyomáskezelés során a mikroorganizmusok számának nagymértékű lecsökkentésével, pusztításával a tárolási idő meghosszabbodását lehet elérni. Mindezek mellett a romlási folyamatoknak is jobban gátat szab, hiszen a hús szempontjából káros enzimek inaktíválódnak (Knorr, 1995; Smelt, 1998; Van der Plancken és mtsai., 2005). Ez az új tartósító technika, amely kíméletes eljárásokkal, alternatív energiaforrásokat alkalmaz, nemcsak az élelmiszerek érzékszervi minőségének az elvárásait segíti elő, hanem nemzetgazdasági célokat is szolgál, és ezt a fogyasztók pozitívan értékelik. Halhúsnál a nagy hidrosztatikai nyomáskezelés előnyös lehet, mert csökkenti a felületi mikrobiális szennyeződést a megfelelő csomagolással kombinálva. Emellett meg lehet hosszabbítani az eltarthatósági időt, így nem kell a halat jégágyon tárolni. Azonban nagyobb nyomáskezelés hatására a friss hal jelentős változásokat szenved külső megjelenése szempontjából, elveszíti friss jellegét (Rodríguez és mtsai., 2011), ám ennek mértéke fajonként eltérő lehet. Reyes és mtsai. (2015) chilei fattyúmakréla (*Trachurus murphyi*) HHP kezelése során (450 MPa, 3 perc) 3,28-4,56 log csökkenést tapasztalt az összes mikrobaszámban, viszont az eljárat a hőkezelés alternatívájaként javasolták ready-to-eat termékek előállításához. Aubourg mtsai. (2010) is tapasztalták a kezelés során alkalmazott nyomás és a mikroba pusztító hatás közötti összefüggést ezüst lazac (*Oncorhynchus kisutch*) HHP kezelése során, ahol az eljárás hatásosnak bizonyult aerób, psychrotrof, *Shewanella spp.* és *Pseudomonas spp.* szám csökkentésére.

A fehérjeszerkezetbeli változások megfigyelése, a különböző mértékű nyomáskezelések során fontos tudni, hogy a technológiai paramétereket milyen mértékben változtathatjuk, hogy még frissnek látszódjék a hal, de mégis csökkenjen a felületi csíraszám. A nyugat-európai és japán élelmiszeriparban széles körben alkalmazott eljárás jól alkalmazhatónak bizonyult halak és egyéb emberi fogyasztásra szánt tengeri állatok tartósítása céljából, azonban a hazai felhasználósága még számos kutatást igényel.

3. Célkitűzés

A hazai halászati ágazat feldolgozási technológiájában jelentősen lemaradt más agrár ágazatok fejlődésétől. Mind hazai, mind nemzetközi viszonylatban megoldatlan az ágazat egyik fő termékének, a pontynak a piaci igényeknek megfelelő forgalomba hozatala.

Kutatási célkitűzés

A kutatás célja a hazai akvakultúra ágazat legfontosabb termékének, a pontyfeldolgozás teljes vertikumának megvizsgálása és annak feltárása, hogy a feldolgozási folyamat mely pontján és miként lehet innovatív élelmiszer-feldolgozási technológiák alkalmazásával javítani az egyébként nagyon rövid eltarthatóságú alapanyag mikrobiológiai és érzékszervi minőségét egy biztonságos élelmiszertermék előállításához.

A célkitűzést és a feladatok teljesítését az alábbi, egymást követő lépések kérdéseinek megválaszolásával céloztam megvalósítani.

1. A frissen kifogott, majd szállított élő halnál bekövetkező szállítási stressz milyen hatással van a halhús minőségére? A kísérlet a különböző mintacsoportok húsának színezetét, pH-ját, állományát, víztartó képességét, illetve a halhús és a halmáj glikogén-, kortizol- és kortizontartalmának meghatározását célozta.
2. A szállítási stressz halhúsra gyakorolt hatásának feltárása után arra kerestem a választ, hogy a feldolgozási folyamat következő lépéseként a megfelelő vágási technológia alkalmazása milyen módon befolyásolja a halhús minőségét. A kísérlet során célom volt megvizsgálni, hogy az olyan kíméletes vágástechnológiák alkalmazása során, ahol a kábítás elektromos sokkolással vagy a japán ikejime módszerrel történik, hogyan változik a halhús frissessége a tárolási próba alatt, valamint az alkalmazott technológiák eltérő hatással vannak-e a fontosabb minőségi paraméterekre. További célom volt azt is vizsgálni, hogy különböző előhűtési folyamatok hogyan hosszabbíthatják meg a halhús frissességét és ezáltal eltarthatóságát. Ezeknek az értékeléséhez a halhús színezetének és pH-értékének alakulását, gélelektroforézis segítségével a szarkoplazma változásait, valamint az ATP-bomlás degradációs termékeinek mennyiségbeli változását célszerű vizsgálni.
3. Kísérleteim célja a halfeldolgozásban ultrafriss termékek gyártására alkalmas, új, kíméletes feldolgozási technológia kidolgozásának megalapozása. A fő kérdés: hogy a halfeldolgozás technológiájában kritikus problémát jelentő mikrobás szennyezettség csökkenthető-e szignifikáns mértékben, az élelmiszeriparban még egyébként kevés területen alkalmazott elektrolizált aktív vizes kezeléssel. A kísérlet során két különböző gyártótól származó savas és kevert elektrolizált aktív vizet hasonlítottam össze. A vizsgálat kiterjedt a kezelés azonnali, illetve hosszabb tárolás

során jelentkező hatására, amelyhez az összcsíraszám és *Enterobacteriaceae*-szám mérése mellett challenge tesztet is elvégeztem.

4. Vizsgáltam az elektrolizált aktív víz és más baktericid szerek additív hatását és azok halhúsra gyakorolt organoleptikus változásait. A savas és kevert elektrolizált aktív vizek mellett lizozim enzimet és tejsavat alkalmaztam, és elemeztem, hogy az elektrolizált aktív vizes kezelés után történő csapvizes mosás hogyan befolyásolja a kezelés hatékonyságát. Ehhez az összcsíraszám, az *Enterobacteriaceae*-szám, a mezofil anerob mikrobaszám, a TBA-szám, a maradék klorát és perklorát mennyiségének mérése mellett érzékszervi minősítést is végeztem.
5. Az elektrolizált aktív vizes kezelés mellett vizsgáltam az élelmiszeripar más területein már használt HHP-kezelés alkalmazhatóságát is, mind a nyers hús, mind a késztermék eltarthatóságának javítására. E mérések során vizsgáltam a HHP-kezelés hatását a pontyhús pH-jára, léeresztésére, a hús fehérjefrakcióira, mikrobiológiai és érzékszervi tulajdonságaira.

A kutatási téma támogatott kutatási K+F-projekt része. Feladatomból volt kutatási témák pályázati anyagának összeállítása, a kutatási célok megfogalmazása. Részt vettem a pályázati témák kidolgozásában, kutatásvezetőként kutatócsoport irányítását végeztem, és részt vettem a résztémák konkrét elemző vizsgálataiban, az eredmények kiértékelésében és a következtetések megfogalmazásában.

4. Anyag és módszer

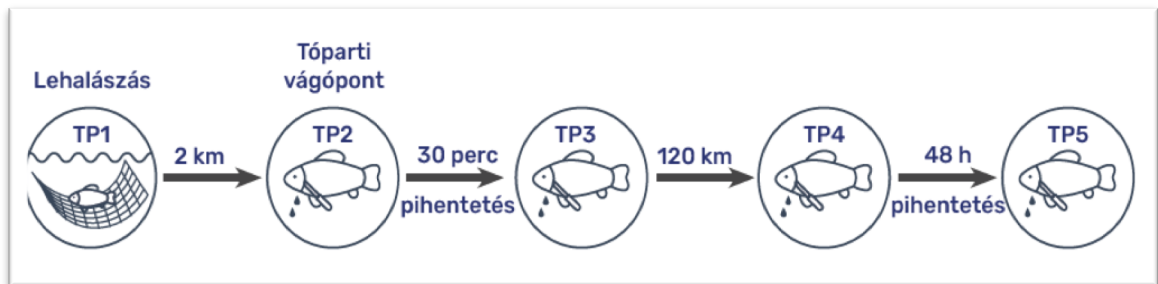
4.1 Az anyagok – hal

A kísérleteimhez felhasznált ponty (*Cyprinus carpio*) P34-es tájfajta egyedeit az Akasztó környéki szikes talajú tógazdaságból (Öko 2000 Kft., Akasztó) származtak, 2,5-2,8 kg közötti testtömegű élő halként. A stressz halhús minőségére gyakorolt hatásának vizsgálatához a felhasznált halakat közvetlenül az Öko 2000 Kft.-től, a további kísérletekhez a The Fishmarket Kft. budaörsi telephelyéről szereztem be.

4.2 A módszerek

4.2.1 A stressz hatása a halhús minőségére

A szállítás során bekövetkező stressz halhúsra gyakorolt hatásának vizsgálata céljából egy halgazdaság (Öko 2000 Kft., Akasztó) és egy halfeldolgozó üzem (Fishmarket Kft., Budaörs) között végeztem szállítási kísérletet. A mintavételezésre a halgazdaságban (Akasztó) a lehalászt követően, az akasztói halfeldolgozó üzembe szállítást követően, a budaörsi (Fishmarket Kft.) halfeldolgozó üzembe való beszállítást követően, majd a beszállítás követő 2 napig tartó pihentetés után került sor (2. ábra).



2. ábra: A stressz pontyhúsra gyakorolt hatásának mintavételi pontjai

A méréseket a halhús mellett a májban is elvégeztem. A glikogén-, kortizol- és kortizontartalom méréséhez a mintákat a kimetszésük után vákuumsomagolásban gyorsfagyasztottam, és a laboratóriumi mérések elvégzéséig -30 °C hőmérsékleten tároltam. A kísérlet során mértem a különböző mintacsoportok színezetét, pH-ját, állományát, víztartó képességét, illetve a halhús és a halmáj glikogéntartalmát.

A színmérés a 4.2.8. fejezet szerint történt, mintacsoportonként 12 párhuzamos mérést végeztem. A halhúsok pH-ját TESTO 209 (Testo SE & Co. KGaA, Németország) szűrőelektródás pH-mérő eszközzel mértem. A mérések előtti kalibrációhoz pH 4,0 és pH 7,0 pufferoldatokat használtam. A pH-mérést a vágás után 24 óra elteltével végeztem (ún. végső pH). Mintacsoportonként 3 párhuzamos mérést végeztem. Az objektív állomány mérése a 4.2.9. fejezet szerint történt, mintacsoportonként 6 párhuzamos mérést végeztem. A halfiléék víztartó

képességének meghatározását a 4.2.11.fejezet szerint végeztem, mintacsoportonként 3 párhuzamos mérést végeztem.

A halhús és halmáj glikogéntartalmát abcam Glycogen Assay Kit II v4 (ab169558:2016) mérőműszerrel, a kortizol és kortizon mennyiségét pedig HPLC-MS/MS méréssel határozták meg a Wessling Hungary Kft. laboratóriumában

A mérési eredmények statisztikai értékelését a mérési eredmények adatfeldolgozásával kezdtem. Ennek első lépéseként a kiugró (torzító hatású) ún. *Outlier*-értékeket ellenőriztem. Ezt követően a mért értékekre normalitás tesztet végeztem *Kolmogorov-Smirnov*- és *Shapiro-Wilk*-tesztekkel, majd a mintacsoportokban mért értékek szóráshomogenitását *Levenes*-teszttel vizsgáltam. A szín, pH, állomány és víztartó képesség eredményeit *varianciaanalízissel (ANOVA)* értékeltem. Az értékelés során a fix faktort a mintacsoportok alkották, a függő változó pedig a mért, vizsgált érték volt. A mintacsoportok közötti szignifikáns különbség esetén a csoportok páronkénti összehasonlítását *Tukey HSD post hoc* teszttel végeztem. Az analízist minden esetben $p < 0,05$ szignifikanciaszinten végeztem IBM SPSS 20.0 (IBM Corp., New York, Egyesült Államok) statisztikai szoftverben.

4.2.2 A vágási technológiák hatása a halhús minőségére

A hal szállítása mellett a megfelelő vágási technológia alkalmazása is csökkentheti a stressz mértékét. A kísérlet során arra kerestem a választ, hogy az olyan kíméletes vágástechnológiák alkalmazása során, ahol a kábítás elektromos sokkolással vagy a japán ikejime módszerrel történik, hogyan változik a halhús frissessége, valamint hatással vannak-e a fontosabb minőségi paraméterekre. Továbbá azt is megvizsgáltam, hogy különböző előhűtési folyamatok hogyan hosszabbíthatják meg a hal frissességét. Ehhez vizsgáltam a színezet és a pH-érték alakulását, gélelektroforézis segítségével a szarkoplazma változásait, valamint az ATP-bomlás degradációs termékeinek mennyiségbeli változását.

A kutatáshoz szükséges mintaanyagot a The Fishmarket Halkereskedelmi Kft. biztosította. A halak esetében egyedenként nagy eltérés lehet a szín és húsminőség tekintetében, így a kísérlet során mérésenként 2 pontyot vágtam le, az egyiket a hagyományos elektromos kábítással, a másikat az ikejime vágással. A kis mintaszám ebben az esetben biztosítani tudta, hogy a szín- és pH-mérések, illetve a K index méréseinek értékeinél nem kell számolni az egyedenkénti különbségekkel. A halakat 30 másodpercig kábítottam 300 mA áramerősségű és 50 V feszültségű váltóáram alkalmazásával, 50 Hz frekvenciájú modulált négyzethullám beállítással. Az elektromos kábítást követően a kopoltyúív alatt és faroktőnél végzett bemetszést és 3 perc fejjel lefelé történő függesztett véreztetést alkalmaztam. Ezt a halat levegőn hűtöttem. Az ikejime vágásnál a halat vízből kivéve azonnal fejbe löttem az ikejime pisztollyal, így a központi idegrendszer működése

rögtön leállt. Ezt követően a faroktónél bemetszést végeztem, hogy a hal gerince nyitott legyen. A halat kivéreztettem, majd jeges vízbe helyeztem.

A minták elkészítésekor két különböző technológiai lépéssort alkalmaztam, amelyek közül az első a hazai iparági gyakorlatot modellezte. E szerint a halakat a vágást követően 15-25 kg-os mennyiségben műanyag rekeszbe helyezik, majd a testtömeg arányában 10-15% jégpehellyel borítják, és a maghőmérséklet $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ alá hűtésére léghűtést alkalmaznak. A második mintasorozathoz a haltesteket $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os (25% jeget tartalmazó) vízbe helyeztem a kívánt $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ maghőmérséklet eléréséig. A mintakészítés közben monitoroztam a haltestek post-mortem maghőmérséklet-változását EBRO EBI 300 digitális maghőmérővel. A kívánt maghőmérséklet elérését követően a haltestekről leválasztottam a filéket és 120-150 grammos darabokra vágtam azokat.

A hőmérséklet és pH méréséhez a Testo 209 mérőműszert alkalmaztam, amely mind a két értéket pontosan tudja mérni, minden esetben 3 párhuzamos mérést alkalmaztam a mintákon. A színezet mérése az 4.2.8. fejezet szerint történt, 5 párhuzamos mérést végezve a mintákon. A gélelektroforézis-vizsgálatok az 4.2.12.1. fejezet szerint történtek.

A hús frissességét a NOVOCIB PRECICE® Freshness Assay Kit enzimsomaggal mértem meg. Ez az enzimmix lehetővé teszi a húsban található IMP (inozin monofoszfát), inozin és hipoxantin mennyiségének mérését, amiből következtetni lehet a K index értékére, így mérhető a hús frissessége.

Mivel az ATP meghatározásához használandó NOVOCIB enzimmix csak egyszer használható fel, ezért a tárolási próba során a mintavételt a mérés napját megelőző t-10., t-8., t-6., t-4., t-2., t-1., 0. napokon, azonos eljárást használva végeztem, majd vákuumsomagba zárva tároltam olvadó jég között, $0-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten.

A mintapreparációhoz a vizsgálati napokon a halakból 20-50 g mennyiségű homogenizált halhúsra volt szükségem. Ehhez Philips gyártmányú forgókéses gyorsvágót használtam. A halhúsból így ezeken a napokon 80-120 g mennyiségű húst metszettem ki, úgy, hogy az ne tartalmazzon maradványokat a hal bőréből. A gyorsvágóval 30 mp-ig aprítottam a húsdarabot, és az így kapott pépből mértem ki CAS MWP-300 mérlegen 30 g körüli mennyiséget az előre megjelölt hőálló műanyag, zárható mintatárolókba, az alábbiak szerint.

A kísérlet folytatásaként az enzimet részeként kapott bufferoldatot hígítottam fel 1000 ml HPLC tisztaságú ioncserélt vízzel, majd az egyes mintatárolókba mintagrammonként 10 ml bufferoldatot pipettáztam. A mintatárolókat lezárást követően $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os vízbe állítva 20 percig hőkezelttem, majd $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os 25% jégkását tartalmazó vízbe állítva visszahűtöttem. A hőkezelés szolgál az enzimreakciók megállítására és az ATP-származékok oldatba juttatására. Az ATP-bomlástermékek mérése az I. Mellékletben leírtak szerint történt. Az egyes mintaoldatokat 50 ml-

es PP műanyag fecskendővel felszívtam, majd a fecskendőre erősített 0,2 mikrométeres cellulózacetát, üvegszálalás előszűrővel (JACFV02025100) ellátott fecskendőszűrővel átszűrtem.

Mivel jelen esetben sok mintát mértünk, így a mérést Thermo Electron mikroplate reader berendezéssel végeztem 340 nm-en. A berendezés kalibrálása a II. Mellékletben leírtak szerint történt.

4.2.3 Az elektrolizált aktív víz hatása a ponty eltarthatóságára

Az elvégzett vizsgálatokkal az elektrolizált aktív víz pontyhús eltarthatóságára gyakorolt hatását vizsgáltam. A felhasznált 2,5-2,8 kg testtömegű élő halakat a kísérlet előtt 48 órán keresztül 15 °C-os vízhőmérsékletű medencében folyamatos levegőporlasztás és napi 20% vízcsere mellett tartottam élve a mintaelőkészítés időpontjáig. A halakat 30 másodpercig kábítottam 300 mA áramerősségű és 50 V feszültségű váltóáram alkalmazásával, 50 Hz frekvenciájú modulált négyzethullám beállítással. A véreztetést 3 percig a kopoltyúívnél felfüggesztett pozícióban, 12 °C-os léghőmérsékleten végeztem.

Az ultrafriss termékek eltarthatóságát jelentősen befolyásolják a termék felületén szaporodó mikrobák. Az aktív víz hatékonyságának ellenőrzése a mikrobiológiai szennyezettség meghatározásával történt, amelyet az MSZ EN ISO 4833:2003 szerint a M.A.H. Food-Control Kft. végezte. Az *Enterobacteriaceae*-szám meghatározását az ISO 21528-2:2004 szabvány szerint a M.A.H. Food-Controll Kft. végezte el.

A *Salmonella typhimurium*. -szám mikrobiológiai vizsgálatát az MSZ EN ISO 6579:2006 szerint, a *Listeria m.*-szám meghatározását a MSZ EN ISO 11290-2:2000 szerint a Food-Analytika Kft. végezte el.

A kísérletekhez használt elektrolizált aktív vizet két külön forrásból szereztem be az azonnali hatás eredményességének vizsgálatához, azzal a szándékkal, hogy összevegyem a két különböző vízbontó készüléket gyártó berendezés által előállított szert. A REDO Water System Kft. biztosított számomra magas, a gyártó specifikációja szerint 479 ppm klórkoncentrációjú kevert elektrolizált vizet (AV kevert), amelyet a németországi központjukból szállítottak le a kísérlethez. A szállítási idő a víz előállításától számítva 48 órát vet igénybe. Ezzel párhuzamosan a Steriplant Swiss AG által gyártott, az Eisberg Hungary Kft. gyáli üzemében működő berendezésből közvetlenül a felhasználás előtt nyert 422 ppm koncentrációjú savas szert is beszereztem (AV savas).

4.2.3.1 Az aktív víz azonnali hatásának vizsgálata

A kísérletekhez 2 db pontyból készítettem filéket 50-60 grammos szeletekre vágtam. Az aktív víz patogén mikrobákra gyakorolt hatását vizsgáló challenge teszthez a szeleteket *Salmonella*

typhimurium és *Listeria monocytogenes* kórokozókat koncentráltan tartalmazó tápoldattal felülfertőztem, majd 48 órán keresztül 0°-2 °C-os hőmérsékleten tároltam.

A kezeléseket az alábbi mátrix alapján végeztem el az összcsíraszám és *Enterobacteriaceae*-szám vizsgálataihoz. (1. táblázat)

1. Táblázat: Kísérleti mátrix a klórkoncentráció (ppm) és a kezelési idő (sec) függvényében

180 ppm	120 ppm	60 ppm	H ₂ O
30 s	30 s	30 s	30 s
60 s	60 s	60 s	60 s
120 s	120 s	120 s	120 s
300 s	300 s	300 s	300 s
600 s	600 s	600 s	600 s

A *S. typhimurium* és *L. monocytogenes* számának vizsgálatához külön kezelést alkalmaztam az alábbi mátrix szerint (2. táblázat).

2. Táblázat: Kísérleti mátrix a klórkoncentráció (ppm) és a kezelési idő (sec) függvényében

140 ppm	100 ppm	50 ppm	10 ppm	H ₂ O
30 s	30 s	30 s	30 s	30 s
120 s	120 s	120 s	600 s	120 s
600 s	600 s	600 s	600 s	600 s

4.2.3.2 A tárolási próba és a minták vizsgálata

A tárolási kísérlet során a 120 ppm klórkoncentrációjú 300 másodperces kezelést alkalmaztam. A kísérlethez a filéket a két különböző gyártó 120 ppm klórkoncentrációsra hígított savas és kevert aktív vizével, a kontrollmintákat pedig desztillált vízzel kezeltem. A tárolási próba mintasorozatainak mikrobiológiai vizsgálatát, az összes mikrobaszámot és *Enterobacteriaceae*-számot a 4.2.3. fejezetben leírtakkal megegyező módon a M.A.H. Food-Control Kft. laboratóriumában végezték el.

Az elvégzett kísérletek eredményeit az IBM SPSS V21 statisztikai szoftver segítségével elemeztem. Az aktív vizes kezelés azonnali hatásának eredményeit kétszemponútú varianciaanalízissel elemeztem. A *S. typhimurium*-al és *L. monocytogenes*-el a chalange teszt során fertőzött minták mikrobiológiai vizsgálat eredményeinek eloszlása nem tette lehetővé a kétszemponútú ANOVA alkalmazását, így ebben az esetben a kétféle csoportosító tényezőre végeztem el az egyszemponútú varianciaanalízist. A tárolási kísérlet mikrobiológiai vizsgálati eredményein párosított t-próbát alkalmaztam.

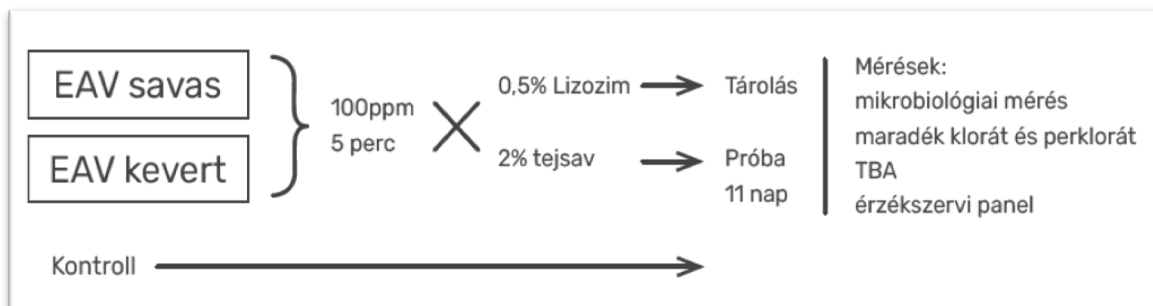
4.2.4 A kombinált kezelések hatása a pontyhús eltarthatóságára

Ebben a kísérletben az elektrolizált aktív víz és más baktericid szerek additív hatását és az organoleptikus változásokat vizsgáltam. A felhasznált 2,5-2,8 kg testtömegű élő halakat a kísérlet

előtt 48 órán keresztül 15 °C-os vízhőmérsékletű medencében folyamatos levegőporlasztás és napi 20% vízcsere mellett tartottam élve a minta-előkészítés időpontjáig.

A halakat 30 másodpercig kábítottam 300 mA áramerősségű és 50 V feszültségű váltóáram alkalmazásával, 50 Hz frekvenciájú modulált négyzethullám beállítással. A véreztetést 3 percig a kopolyúívnél felfüggesztett pozícióban, 12 °C léghőmérsékleten végeztem.

A filézett haltesteket átlagosan 100 g tömegű darabokra szeleteltem, és 7 csoportra osztottam. Az első csoportot kontrollmintaként desztillált vízben való mosást követően 180 x 230 mm, 90 µm vastagságú PP fóliából készült tasakokba vákuumcsomagoltam. A második csoportot ÖKO-CLEAN02 aktívvíz-generátorral előállított 100 ppm klorid-ion koncentrációjú 60% anionos és 40% kationos kevert aktív vizes (pH 6.1) kezelésnek tettem ki (AV 60/40). A harmadik csoportot ÖKO-CLEAN02 aktívvíz-generátorral előállított 100 ppm klorid-ion koncentrációjú savas (pH 2.5) elektrolizált aktív vizes kezelésnek tettem ki (AV savas). 25 liter aktív vízbe egyszerre 15 db halfilét helyeztem, 5 perc időtartamra, percenként megkeverve. A negyedik és ötödik csoportot először a már említett kevert, illetve savas vízzel történő mosásnak vettem alá, majd 0,5%-os koncentrációjú lizozimoldatos vagy 2%-os tejsavoldatos felületkezelést alkalmaztam permetként felhordva a hús felületére.



3. ábra: A pontyfilé elektrolizált aktív vizes (EAV) és lizozim enzimmal vagy tejsavval kombinált kezelésével végzett kísérletek

A mintákat a kezeléseket után lecsöpögtettem, 180 x 230 mm, 90 µm vastagságú PP fóliából készült tasakokba vákuumcsomagoltam, majd 2 °C hőmérsékleten jégpohár között hűtve tároltam.

A 0., 1., 4., 6., 8., 11. napokon kémiai (TBA), mikrobiológiai (összes mikrobaszám) és organoleptikus vizsgálatokat végeztem. A maradék klorát méréseit (4.2.13. fejezet) a 0. és 3. napokon végeztem el. A TBA-szám mérése a 4.8.7. fejezet szerint történt. A maradék klorát és a perklorát meghatározását a kezeletlen, desztillált vízzel mosott kontrollmintákon, a 60:40 arányban kevert aktív vízzel kezelt mintákon, illetve savas vízzel kezelt mintákon a Wessling Hungary Kft. laboratóriumában végezték el a 0. és 3. napokon. A klorát- és perklorát tartalom meghatározása a 4.8.8. fejezet szerint történt. A mikrobiológiai vizsgálatokat aerob mezofil összcsíraszám-meghatározással végezték a Wessling Hungary Kft. laboratóriumában (4.2.3. fejezet).

Az organoleptikus vizsgálatokat a 0., 1., 4., 6. és 8. napokon végeztem el, minden alkalommal 7 fő laikus érzékszervi bíráló részvételével. A minták bírálatától – mivel hiányoztak a mikrobiológiai vizsgálatok eredményei – a 11. napon az élelmiszerbiztonsági kockázat miatt eltekintettem. A halfiléket olajozott sütőtálcákra helyeztem, Lainox VE 051P kombi sütő-pároló berendezésben 180 °C-on, 10 percig sütöttem, majd a sütési funkciót leállítva további 3 percig a sütőben pihentettem a minősítés megkezdéséig. A mintákat a bírálóknak az alábbi szempontok szerint kellett értékelniük: külső megjelenés, illat, a hal ízének intenzitása, savanyúíz-intenzitás, egyéb íz, állomány, összbenyomás. A pontozáshoz egy 0 és 10 között terjedő skála állt a rendelkezésükre.

A mikrobiológiai mérések eredményeit logaritmizáltam, majd a normál eloszlást Shapiro–Wilk-tesztel vizsgáltam. Ezt követően párosított T-próbával vizsgáltam az adott minták közötti különbséget. Az érzékszervi vizsgálatok eredményei önmagukban is normál eloszlást mutattak, így az adatokat lineáris diszkrimináció-analízissel elemeztem, valamint az egyes érzékszervi tulajdonságokra külön-külön elvégeztem a párosított T-próbát.

4.2.5 Kombinált kezelés savas aktív víz, lizozim enzim és tejsav alkalmazásával

Ennek a kísérletnek a célja az elektrolizált aktív vizes kezelés és a kombinált kezelések ipari alkalmazhatóságának további vizsgálata. A kísérlet során átlagosan 2,5 kg testtömegű, pikkelyes pontyokat (*Cyprinus carpio*) egy helyi tógazdaságtól (Öko 2000 Kft.) szereztem be. A pontyokat a halak levágására és feldolgozására szolgáló létesítménybe szállítottam, és 48 órán át 15 °C-os vízhőmérsékletű medencében folyamatos levegőpermetezéssel és napi 20%-os vízcserével a minta előkészítéséig élve tartottam. A halakat 30 másodpercig kábítottam 300 mA áramerősségű és 50 V feszültségű váltóáram alkalmazásával, 50 Hz frekvenciájú modulált négyzethullám beállításával, majd levágtam, véreztettem, és végül megtisztítottam a pikkelyektől és belsőseégektől.

A hasított testet filéztem, majd 100 g-os, 6 x 14 x 2 cm-es darabokra szeleteltem, és nyolc csoportra osztottam. A kontrollcsoporthoz a kezeletlen szeleteket 180 x 230 mm, 90 µm vastag PP fóliákban vákuumcsomagoltam. A második csoportot csapvízzel mostam. A harmadik csoportot 100 mg/kg klór-ion koncentrációjú savas (pH = 2,5) elektrolizált aktív vízzel kezeltem, amit REDO Pure 250 aktív vízgenerátorral állítottam elő. A halfiléket öt percre 25 liter aktív vízbe helyeztem, és percenként kevertem. A negyedik csoportot az elektrolizált savas aktív vizes kezelés után csapvízzel lemostam. Az ötödik csoportot savas elektrolizált vízbe helyeztem, majd felületüket 0,5% lizozim enzimmel permeteztem. A hatodik csoportot savas elektrolizált vízbe helyeztem, csapvízzel mostam, majd 0,5% lizozim enzim oldatával kezeltük. A hetedik csoportot a savas elektrolizált aktív vizes kezelés során 2%-os tejsavoldattal permeteztem. A nyolcadik

csoportot savas elektrolizált vízbe helyeztem, csapvízzel mostam, majd 2%-os tejsavas oldattal permetként felhordva kezeltem.

A mintákat TORK Premium Specialist Cloth 9.04.94 steril törlőpapírral leitattam és vákuumcsomagoltam, majd 2 °C-on jégpelyhek között tároltam. Csoportonként öt minta készült mikrobiológiai elemzésre, és kezelésként huszonöt minta érzékszervi vizsgálatra. A mikrobiológiai vizsgálatokat a 0., 1., 2., 4. és 7. napokon a Wessling Hungary Kft. laboratóriumában végezték el a 4.2.3. fejezetben leírtakkal megegyező módon. A maradék klorát, perklorát szintjét a 0. és 4. napon a Wessling Hungary Kft. laboratóriumában mérték a 4.2.13. fejezetben leírtak szerint, míg az érzékszervi vizsgálatot a 0. napon végeztem el.

A mikrobiológiai tesztek a tárolás 0., 1. és 4. napján a Wessling Hungary Kft. laboratóriumában végezték el. Az összes élő csíraszámot (TKE) az ISO 4833-1: 2013 szerint határozták meg. Az enterobaktériumok számát az ISO 21528-2: 2017 szabvány szerint határozták meg a Wessling Hungary Kft. laboratóriumában VRBG agarral történő öntéssel, a lemezeket 37 ± 1 °C hőmérsékleten inkubálva 24 ± 2 órán keresztül, és megerősítésként glükózfermentációs és oxidázteszteket végeztek. Mezofil anaerob összcsíraszám-meghatározás a Wessling Hungary Kft. laboratóriumában lemezöntéses módszerrel RCM médián történt. A lemezeket CO₂ atmoszférában inkubálták Bact-R Plus anaerob rendszerrel (Sobioda, Franciaország) 30 ± 1 °C-on 72 ± 3 órán át. Az eredményeket log₁₀ TKE/g-ban fejezték ki.

Az érzékszervi vizsgálat célja annak meghatározása volt, hogy a kezelések azonnal megváltoztatják-e a halhús érzékszervi tulajdonságait. A tesztek huszonöt (25-50 év közötti) érzékszervi bíráló vette fel, akik ismerték az érzékszervi bírálati eljárásokat. Az érzékszervi értékelést az általános megjelenés, szín, szag, állomány és íz alapján 5 pontos hedonikus skálán végeztem: ahol az 1 – szélsőségesen rossz és az 5 – szélsőségesen jó. Az általános megjelenés, szín, szag és állomány értékeléséhez az egyes kezelések halmintáit eltávolítottam a hűtőből, és szobahőmérsékleten (25 °C) egy órán keresztül azonos hőmérsékletre hoztam az értékelés előtt. Az íz értékeléséhez a filéket olajozott sütőlapra helyeztem, majd 10 percig 180 °C-on sütöttem egy Lainox VE 051P Combi Oven-Direct Steam sütőben. Ezután a filéket további 3 percre hagytam a sütőben, amíg az érzékszervi kiértékelés meg nem kezdődött. A mintasorozat mikrobiológiai tárolási tesztjének eredménye ismeretlen volt, így élelmiszerbiztonsági okokból a vizsgálatot csak a 0. napon végeztem el.

Az eredmények statisztikai elemzését az SPSS Statistics 22.0 programmal (IBM Corp., Armonk, NY) végeztem. Az adatokat átlag \pm SD-ben fejeztem ki. A baktériumszámot TKE /g-ban log₁₀ értékben adtam meg. A baktériumpopulációk és a szenzoros pontszámok szignifikáns különbségeit $p < 0,05$ -nél értékeltem varianciaanalízissel (ANOVA) és Duncan-féle többszörös tartományú teszttel.

4.2.6 A HHP-kezelés hatása a ponty húsminőségére

Az elektrolizált aktív vizes kezeléshez hasonlóan a nagy hidrosztatikai nyomáskezelés is egy újabb, még kevésbé elterjedt kezelési mód. Ebben a kísérletsorozatban ennek a kezelésnek a halhúsra gyakorolt hatását, továbbá az elektrolizált aktív vízzel történő kombinálásának a hatásosságát vizsgáltam. Ennek során kerestem azt a megfelelő nyomás és nyomáskezelési időértéket, amely érzékszervi és szerkezetbeli változásokat nem okoz a halfiléken, azonban azok megőrzik természetes frissességüket, és alkalmas a minőség megőrzési idő megnövelésére. A kutatás során több, egymásra épülő kísérletsorozatot végeztem el. Az első kísérlet folyamán azt vizsgáltam, hogy a nagy hidrosztatikai nyomású kezelés az iparban leginkább alkalmazott különböző nyomásértékeken (200-600 MPa) milyen hatással van a friss halak pH-értékére és érzékszervi tulajdonságaira: színére, textúrájára és ízére. A kísérletekhez a pontyfiléket a The Fishmarket Halkereskedelmi Kft. biztosította.

A friss halfiléket 100-120g-os szeletekre vágtam, ezután mindig polietilén (Cryovac BB4L foil bags; Sealed Air Corporation, USA) tasakba helyeztem, és Multivac típusú (A300/16Sepp Haggemüller KG., Wolfertschwenden, Németország) vákuumcsomagoló berendezés segítségével csomagoltam. A nyomáskezeléseket az egyetem laboratóriumában lévő Resato FPU-100-2010 típusú berendezéssel végeztem. A vizsgálatok közben végig nyomonkövettem a halak színezetét, pH-értékét, hőmérsékletét, mikrobiológiai állapotát és léveszettségét.

Az 1. kísérletsorozatban vizsgáltam, hogy a különböző nyomásértékeken végzett kezelések mennyire befolyásolják a minták általános fizikai paramétereit, illetve milyen azonnali hatásuk van a halfilé mikrobiológiai állapotára. Ehhez a kontrollmintán kívül 150, 250, 400 és 600 MPa nyomásértékű kezeléshez állítottam elő mintát (3. táblázat). A vizsgálatokat minden esetben 3 párhuzamos ismétlésben végeztem, illetve a vizsgált halfilék minden esetben külön halból származtak, hogy a kapott eredmények egymástól függetlenek legyenek. A nyomáskezelés és elektrolizált aktív vízzel történő kombinált kezelés összcsíraszámra gyakorolt hatásának vizsgálatához 5-5 párhuzamos mintát állítottam elő. A mintákat 150, 200, 250, 400 és 600 MPa nyomáson kezeltem. A mikrobiológiai vizsgálat eredményeit *varianciaanalízissel (ANOVA)* értékeltem. Az értékelés során a fix faktort a mintacsoportok alkották, a függő változó pedig a mért, vizsgált érték volt. A mintacsoportok közötti szignifikáns különbség esetén a csoportok páronkénti összehasonlítását *Tukey HSD post hoc* teszttel végeztem. Az analízist minden esetben $p < 0,05$ szignifikanciaszinten végeztem IBM SPSS 20.0 (IBM Corp., New York, Egyesült Államok) statisztikai szoftverben.

	A nyomáskezelések szintjei (MPa)	A nyomáskezelések ideje (perc)
1. kísérlet	150, 250, 400 és 600	2 és 5
2. kísérlet	150, 200, 250, 300 és 350	5
3. kísérlet	150, 200, 250, 300 és 350	2 és 5
4. kísérlet	250	5

A 2. kísérletsorozatban a fogyasztók megítélését befolyásoló minőségi paraméterek mellett gélelektroforézis alkalmazásával vizsgáltam (4.2.11.2. fejezet), melyik az a nyomásérték, ahol a fehérjék még nem denaturálódnak jelentősen (3. táblázat), vagyis képesek vagyunk kellőképpen megőrizni a halfilék frissességét. Ezen kívül az első kísérlet mikrobiológiai eredményei alapján ebben a nyomástartományban még megőrizhető a halak frissessége. A kezeléseket 5 percig végeztem, mivel ezt alkalmazzák leginkább a gyakorlatban is. A vizsgálatokat itt is minden esetben 3 párhuzamos ismétlésben végeztem, illetve a vizsgált halfilék minden esetben külön halból származtak.

A 3. kísérletsorozatban megismételtem az az előzőekben alkalmazott nyomásértékeken való kezeléseket (150, 200, 250, 300 és 350 MPa), ezúttal 2 perc és 5 perc kezelési időket alkalmazva. A vizsgálattal a két kezelési dózishatásra gyakorolt denaturáló hatása közötti különbségét vizsgáltam gélelektroforézis alkalmazásával. A vizsgálatokat 3 párhuzamos ismétlésben, a 2. kísérletsorozatban megegyező módszerrel végeztem

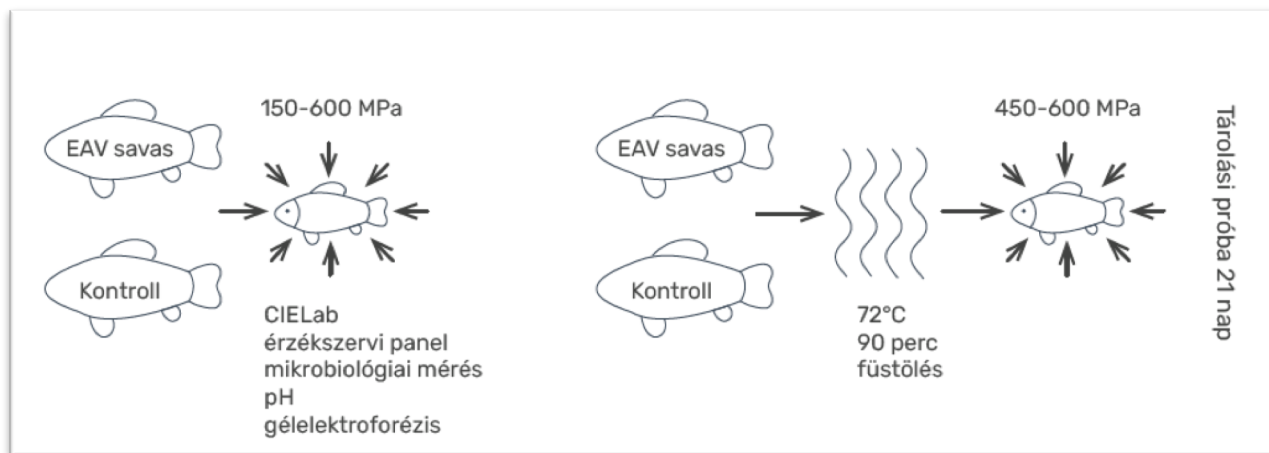
A korábbi kísérletek adatai alapján a pontyfilék szempontjából a legmegfelelőbb beállításnak a 250 MPa nyomású, 5 perc időtartamú kezelés bizonyult. Így a 4. kísérletsorozatot ehhez igazodva végeztem, és ennek során tárolási próbát is alkalmaztam 2-3 °C-on. Az első kísérlet mikrobiológiai eredményei alapján, a méréseket elektrolizált aktív vízzel kombinálva is elvégeztem. A nyomáskezelés és elektrolizált aktív vízzel történő kombinált kezelés vizsgálatához 5-5 párhuzamos mintát állítottam elő. Az elektrolizált aktív vizes kezelést 100ppm kloridion koncentrációjú, ÖKO-CLEAN02 típusú aktív víz generátorral előállított savas (pH 2,5) vízzel végeztem, 5 perces kezelési idő alkalmazásával. Az aktív vizes kezeléssel a korábbi vizsgálatokkal megegyezően, a halfiléket 100-120g-os szeletekre vágtam, majd halhús kg-ként 3 l elektrolizált aktív vízbe áztattam. A halfiléket áztatás közben percenként megkevertem, ezt követően az aktív vizes fürdőből kiemeltem és TORK Premium Specialist Cloth 9.04.94 steril törőpapírral leszárítottam. A kísérlet első részében a hűtőpultban történő tárolást próbáltam meg modellezni, így csomagolás nélkül 5 napig végeztem a tárolást, naponta vizsgálva a minőségi paramétereket. A kísérlet 2. részében 10 napig vákuumsomagolva tároltam a halfiléket, a vizsgálatokat a 0., 2.,

4., 6., 8., és 10. napokon végeztem. Minden mérési ponthoz 5-5 párhuzamos halfiléminta tartozott, amelyek különböző haltestekből származtak.

A hőmérséklet és pH méréséhez Testo 209 típusú (Testo AG, Németország) mérőműszert alkalmaztam, minden esetben 3 párhuzamos mérést végeztem a mintákon. A színezet mérése az 4.2.8. fejezet szerint történt, 5 párhuzamos mérést végezve a mintákon. A víztartó képesség vizsgálata az 4.2.11. fejezetben leírtak szerint történt.

Emellett érzékszervi minősítést is végeztem ugyanezekben a vizsgálati napokon, minden alkalommal 7 fő részvételével. A halfiléket olajozott sütőtálcákra helyeztem, Lainox VE 051P kombi sütő-pároló berendezésben 180 °C-on 15 percig sütöttem, majd a sütési funkciót leállítva további 3 percig a sütőben pihentettem azokat a minősítés megkezdéséig. Az elkészítések során mértem a halak sütési veszteségét is. Ehhez a halfiléket sütés előtti és utáni tömegeit mértem le, amelyekből később sülési veszteséget számoltam. A mikrobiológiai vizsgálatokat aerob mezofil összcsíraszám-meghatározással végezte a Wessling Hungary Kft. laboratóriuma a 4.2.3. fejezetben leírtakkal megegyező módon.

4.2.7 A HHP-kezelés alkalmazása füstölt pontyfilén



4. ábra: A magas hidrosztatikai nyomás (HHP) kezelése és elektrolizált aktív vizes (EAV) kombinált kezelés mintakészítésének folyamata és az elvégzett vizsgálatok

Ennek a kísérletsorozatnak a célja, hogy megvizsgáljam a HHP-kezelés hatását a késztermék eltarthatóságának meghosszabbítására, amely kísérletet füstölt pontyfilén végeztem.

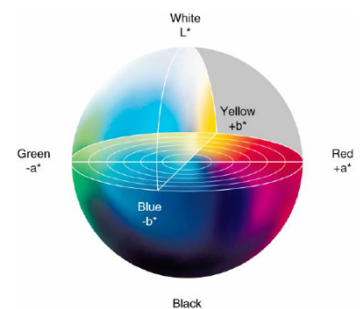
A mintakészítést a The Fishmarket Kft. budaörsi üzemében végeztem, az üzem biztosította az alapanyagot. A 72°C hőmérsékleten 90 perc időtartamban füstölt pontyfiléből 100 g-os, 7 x 16 x 1,5 cm-es mintákat készítettem, majd polietilén (Cryovac BB4L foil bags; Sealed Air Corporation, USA) tasakba helyeztem, és Multivac típusú (A300/16Sepp Hagenmüller KG., Wolfertschwenden, Németország) vákuumcsomagoló géppel csomagoltuk.

A nyomáskezeléseket Resato FPU 100-2000 nagy nyomású berendezésével végeztem. A nyomáskezeléseket 450 MPa és 600 MPa nyomásértékeken végeztem, minden esetben 5 percig tartottam ezeken a nyomásértékeken a termékeket a kezelés során. A nyomáskezelés után a füstölthál-mintákat 5 és 10 °C-on hűtve tároltam (4. ábra).

A 0. napon a minták pH-értékét, színezetét, mikrobiológiai állapotát vizsgáltam, illetve érzékszervi minősítés is történt. A tárolás folyamán mintavételezés a 7., 14., 21. és 26. napon történt. A pH méréséhez Testo 209 mérőműszert alkalmaztam, minden esetben 3 párhuzamos mérést végeztem a mintákon. A színezet mérése a 4.2.8. fejezet szerint történt, minden mintán 5 párhuzamos mérést végeztem. A mikrobiológiai vizsgálatokat a 0., 7., 14., 21. és 26. napon, a Wessling Hungary Kft. laboratóriumában, aerob mezofil összcsíraszám-meghatározással végezték el a 4.2.3. fejezetben leírtakkal megegyező módon. Emellett még érzékszervi minősítést is végeztem ugyanezekben a vizsgálati napokon, minden alkalommal 5 fő részvételével.

4.2.8 Szín

A színmérést Konica Minolta CR400 (Konica Minolta Inc., Japán) típusú tristimulosos színmérő készülékkel végeztem C₆₅ megvilágítással. Az értékelés során a CIE Lab színrendszerben (5. ábra) dolgoztam, amelyben L* a világossági tényező (azt mutatja meg, hogy a minta a megvilágító fény hány százalékát veri vissza), az a* a vörös-zöld színezetre jellemző, b* pedig a sárga-kék (az előjelük: +a* piros; -a* zöld; +b* sárga; -b* kék.) színtényező.



5. ábra: A CIE Lab színingertér
<https://www.sony.co.uk/electronics/support/about-color-management>

Az objektív színmérő készülék mérőfejében természetes fényhez hasonló megvilágítást adó xenonlámpa található. A lámpa fénye az ún. keverőkamra faláról többszörösen visszaverődve opál üveglemezen keresztül jut a tárgyra, amely így diffúz megvilágítást kap. A mérőfej rekesznyílása 8 mm. A mérőfejben található optikai kábelek egy része a minta mérésére, másik része a minta megvilágításának ellenőrzésére szolgál. A mérőfejet úgy alakították ki, hogy csak a merőlegesen visszaverődő fényt gyűjti össze. A megvilágított és a visszavert fény három-három optikai úton, az alapszíneknek megfelelő színszűrőkön halad tovább. Az adott hullámhosszú fényt a mérőcellák előbb analóg, majd digitális jellé alakítják át. A jel a beépített mikroszámítógépbe jut, amely meghatározza a mért felület X, Y, Z színösszetevőit, majd ezekből kiszámítja a kiválasztott színingertrendszer koordinátáit.

A mintákon mért L*, a*, b* értékekből a színpontok közötti különbségeket az alábbi képlettel számoltam ki:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

ahol ΔE^* = színelkülönbség

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

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

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

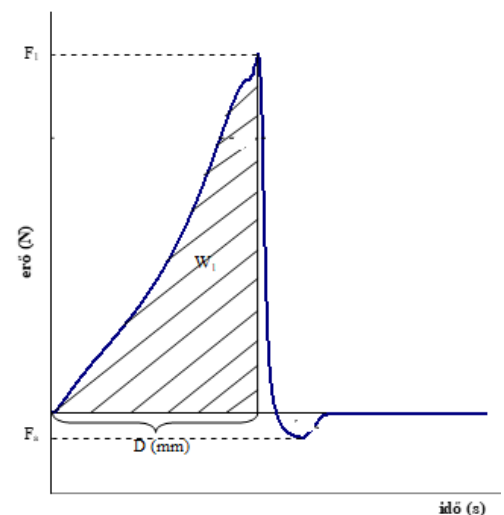
A ΔE^*_{ab} színingerkülönbség képes a színtényezők számszerű adatait egy az emberi szem érzékelőképességét is jól kifejező határok közé sorolni (4. táblázat).

4. táblázat: A vizuális érzékelés és ΔE^*_{ab} színingerkülönbség kapcsolata

ΔE^*_{ab}	az 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

4.2.9 Állomány

Az objektív állománymérését Stable Micro System TA.XTplus (Stable Micro Systems Ltd., Anglia) állománymérő műszerrel végeztem. A mérésekhez penetrációs mérési módszert és tű alakú (P/2N) mérőfejet alkalmaztam. A mérési program során a mérőfej sebessége 2 mm/s, a behatolás mélysége 15 mm volt. Az állomány értékelése a deformációs görbékéből kapott, már irreverzibilis változást okozó deformációs erő (F_1 , [N]) alapján történt (6. ábra).



6. ábra: Állománymérés deformációs görbéje

4.2.10 Lékiválás

A lékiválás megállapítása (tömegmérés az MSZ EN ISO 4833:2002 2.fejezet szerint) történt. A tárolási próbaminták lékiválásának megállapításához Kern ABJ 220-4NM típusú analitikai mérleget használtam, amelynek mérési pontossága $\pm 0,3$ mg. Az egyes mintákat megmértem csomagolással együtt. A mérést követően felbontottam az egyes mintákat, a csomagolóanyagból TORK Premium Specialist Cloth Roll 9.04.94 törlőpapírral kiittam a visszamaradt nedvességet, és megmértem a csomagolóanyag súlyát. A halszeletekről is leittam ugyanilyen típusú törlőpapírral a nedvességet, és a száraz halszeletek súlyát is megmértem. A bruttó, csomagolóanyaggal együtt mért súlyból levontam a száraz csomagolóanyag súlyát, így megkaptam a minta eredeti nettó tömegét, amelyből kivontam a minta mérés kori leszárított nettó

tömegét. A két tömeg különbsége adja a kivált folyékony halmazállapotú anyag tömegét. A folyadék halmazállapotú anyag tömegét elosztottam a csomagoláskori nettó tömeggel, így kaptam meg a lékiválás %-os értékét.

4.2.11 Víz tartó képesség

A halfilélek víz tartó képességét (VTK) GRAU és HAMM (1953) módosított módszerével, ún. préselési próba segítségével határoztam meg. A vizsgálathoz szárítószekrényben kiszárított, ismert méretű (d90 mm) szűrőpapírok tömegét mértem le 3 tizedesjegy pontossággal analitikai mérlegen. Ezt követően a papírokra 100-400 mg közötti tömegű halhús mintát mértem be, amelyek tömegét szintén 3 tizedesjegy pontossággal mértem. Ezt követően a szűrőpapírlapokat a húsmintával együtt két, tiszta és száraz felületű üveglap közé helyeztem, majd 5 percen keresztül 500 g-os súllyal préseltem. Az 5 perc leteltével eltávolítottam az üveglapokat és a szűrőpapírról a húst, majd szárítószekrényben beszárítottam a papíron lévő foltot. A halhús által hagyott foltot kimetszettem, és a visszamaradt papír tömegét analitikai mérlegen lemértem. A bemért halhús tömegének, a szűrőpapír kiindulási tömegének és területének, valamint a folt nélküli papír tömegének ismeretében az alábbi összefüggéssel számolható és jellemezhető a halhús minta víz tartó képessége (mm^2/mg).

$$\text{minta víz tartó képessége } (\text{mm}^2/\text{mg}) = \frac{\text{kivágott folt területe} (\text{mm}^2)}{\text{bemért minta tömege} (\text{mg})}$$

4.2.12 Gélelektroforézis-vizsgálatok

4.2.12.1 Vágási technológiák hatása

Az SDS-PAGE a fehérjék molekulatömeg szerinti szétválasztására alkalmas. Az elválasztást a Bio-Rad készülékén végeztem el (Bio-Rad mini Protein Tetra System, Bio-Rad, USA). A poliakrilamid elektroforézis során általam készített Acrylamid/Bis Acrylamid géleken végeztem az elválasztást ($830 \times 730 \times 1.0 \text{ mm}$; 4-15%). Az elválasztás folyamán vertikális rendszert használtam. A fehérjék azonosításához Precision Plus Protein Standards Dual Xtra sztenderdet (Bio-Rad, USA) alkalmaztam, amelynek molekulatartománya 250 és 2 kDa között van. Az előre elkészített mintakivonatokból a mintapufferrel ($2 \times$ Laemmli Sample Buffer and 2-Mercaptoethanol, Bio-Rad, USA) hígítást készítettem. A gélek főgélből és gyűjtőgélből állnak. A főgél 15%-os, míg a gyűjtőgél 6%-os akrilamid gél volt.

A 15%-os főgél összetétele: 4 ml 30%-os akrilamid (30,0 g akrilamid és 1 g N,N-bisz-akrilamid 100ml re hígítva desztillál vízzel); 1,8 ml 2 M-os TRIS (trisz-(hidroxi-metil)-amino-metán) puffer, /pH 8,8; 50 μl SDS (10%-os nátrium-dodecil-szulfát oldat); 2,06 ml desztillált víz;

6 µl TEMED (N,N,N',N'-tetrametil-etilén-diamin); 50 µl perszulfát (frissen készítve, 100 mg ammónium-peroxi-diszulfát és 1 ml desztillált víz).

A 6%-os gyűjtőgél összetétele: 1,0 ml akrilamid oldat; 55 µl 10%-os SDS; 660 µl 0,5 M-os TRIS puffer, (pH 6,8, ami 0,1 M-os sósav oldattal lett beállítva); 3,23 ml desztillált víz; 6 µl TEMED; 50 µl perszulfát

A futtató puffer összetétele szerint 3,03 g TRIS, 14,4 g glicin és 1 g SDS. A futtatáshoz használt jelölő festék a futtató pufferből és brómfenolkékből állt.

A mintaoldószer, 25 ml-re készítve, az alábbi összetevőkből állt: 0,189 g TRIS; 0,5 g SDS; 21,2 ml desztillált víz; 2,5 ml glicerin; 2,5 ml β-merkaptó-etanol.

A mintát és a mintaoldószert a felvitel előtt 2 percig forraltam, majd a lehűtött mintát vittem fel a géltre. A futtatást átlagosan 60 percig konstans 200 V-on végeztem, 45 mA-en és 12 W-on. A futtatás végeztével fixálás, mosás, festés és újbóli mosás következett. A fixálás 20%-os TCA (triklóresetsav) oldatban végeztem 20 percig. Ezt követte a PAGE gélmosó, amely 850 ml desztillált vízből, 50 ml ecetsavból és 100 ml etanolból állt. A PAGE gélmosó 15 percig volt a gélen. A mosási fázist követte a gyors kékfestés. A festék 0,2%-os comassie kék (B.B.R-250), mely az alábbi összetevőkből állt: 0,2 g comassie kék; 50 ml desztillált víz; 10 ml ecetsav; 50 ml etanol.

Kiértékelés:

Az SDS-PAGE eredményeinek kiértékelésére a Bio-Rad Program Quantity One 4.3.0 verzióját és az Image Lab 5.2 verzióját alkalmaztam.

4.2.11.2 A HHP-kezelés hatása

A szarkoplazma és miofibrilláris fehérjék izolálása a 4.2.11.1 fejezetben leírt módszerrel megegyezően történt.

Kiértékelés:

Az SDS-PAGE eredményeinek kiértékelésére a Bio-Rad Program Quantity One 4.3.0 verzióját és az Image Lab 5.2 verzióját alkalmaztuk.

4.2.12 A TBA-szám mérése

A lipid-peroxidáció előrehaladását jól jellemző malon-aldehid (MDA) koncentrációjának mérésére a tiobarbitursav (TBA) meghatározásának módszerét használtam (Siu & Draper, 1978). Ehhez 4 g darált mintát mértem MSE homogenizátor edényébe, amelyhez 20 ml desztillált vizet adtam, és homogenizáltam minimum 5 percig. A keverékhez 5 ml, 25%-os triklórecetsav (TCA) oldatot adtam, és STUART SBS40 készülékben 4 °C-on 30 percig ráztam, majd átöntöttem

zárható centrifugacsövekbe, és ugyancsak 4 °C-on 10 percig centrifugáltam 5000 f/perc fordulatszámom. A felülúszót leszűrtem 50 ml-es Erlenmeyer lombikba, kis tölséren és redős szűrőpapíron keresztül. Zárható kémcsőbe 3,5 ml-t mértem automata pipettával, ehhez adtam 1,5 ml, 0,6 %-os TBA-t, és ezt lezárt kémcsőben 30 percig, 100 °C-on melegítettem. Az elszíneződött keveréket lehűtöttem, és azonnal fotometráltam 532 nm-en. A húsminták mért abszorbanciájából a kalibrációs görbe segítségével a MAD-koncentráció meghatározható.

4.2.13 Maradék klorát és perklorát meghatározása

A klorát- és perkloráttartalom meghatározásához $5 \pm 0,05$ g homogenizált mintát egy 50 ml-es centrifugacsőbe mértem, és hozzáadtam az izotópjelzett klorát belső sztenderdet (ISTD). A mintához 5 ml 1%-os ecetsavat tartalmazó vizet, majd 20 ml acetonitrilt adtam. Lezárás után kézzel 1 percig erőteljesen ráztam a mintákat, majd 5 percre ultrahangos fürdőbe helyeztem. Ezt követően a mintákat 10 percig 4500 RCF-en centrifugáltam. Az extraktból 1 ml-t egy eldobható autosampler fiolába mértem, amelyet a mérésig 0–5 °C-on tároltam. A minták klorát- és perkloráttartalmát LC-MS/MS módszerrel határoztam meg (Anastassiades és mtsai., 2013).

5. Eredmények és értékelésük

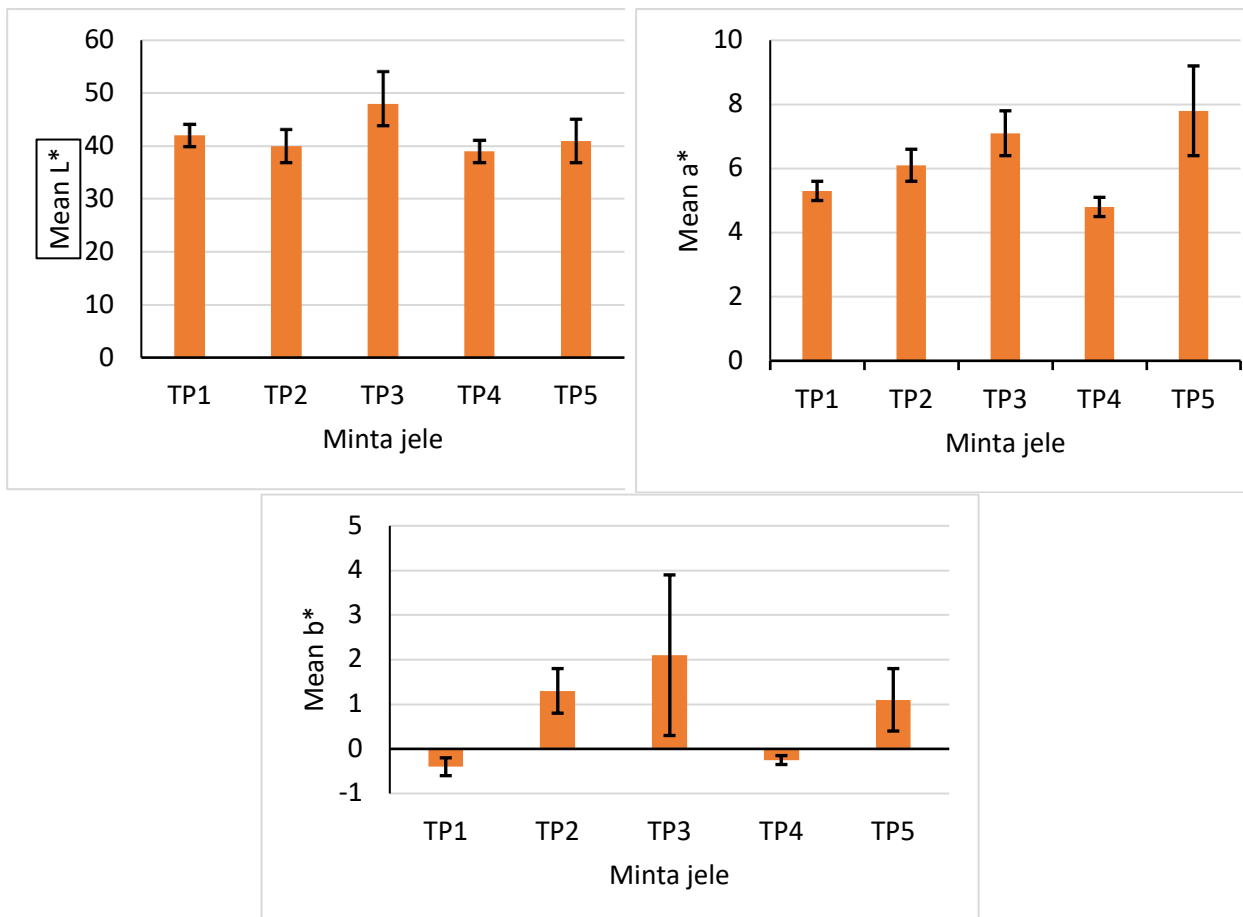
5.1 A stressz hatása a halhús minőségére

A vizsgálatokhoz vett halminták jelölése és a mintavétel helyszínének jelölése az alábbiak szerint történt:

MINTA JELE HELYSZÍN/MŰVELET

TP1	Lehalászás
TP2	Üzembe szállítás (2 km)
TP3	Üzembe szállítás (2 km) + pihentetés 30 perc
TP4	Üzembe szállítás (120 km)
TP5	Üzembe szállítás (120 km) + pihentetés 48 óra

5.1.1 A halhús színének változása objektív színmérés (CIELab) eredményei alapján



7. ábra: A halfeldolgozás műveleti fázisaiban mért CIELab színjellemzők (L^* , a^* , b^*) átlagértékei (TP1 – Akasztói lehalászás; TP2 – Akasztói üzembe szállítás; TP3 – Akasztói üzembe szállítás + pihentetés; TP4 – Budaörsre szállítás; TP5 – Budaörsre szállítás + pihentetés)

Az 7. ábrán látható mérési eredmények alapján a TP3 minta esetében látható a többihez képest kiugró L^* érték, valamint TP3 és TP5 minták esetében a^* érték. A b^* értékében nagy szórással ugyan, de szintén a TP3 minta esetében látható a többihez képest magasabb érték. A

statisztikai vizsgálat eredményei alapján az L*, a* és b* színtényezők esetében szignifikáns különbség mutatkozott ($p < 0,001$) a vizsgált mintacsoportok között. A mintacsoportokat páronként összehasonlító Tukey HSD post hoc teszt alapján a TP3 mintacsoport egyedeinek L* értéke szignifikánsan nagyobbak bizonyult a többi mintacsoportéhoz képest. A TP1, TP2, TP4 és TP5 csoportok L* értékében nem mutatkozott szignifikánsnak tekinthető különbség. A TP3 és TP5 minták a* értéke szignifikánsan nagyobbak bizonyult a TP4 mintacsoportéhoz képest. A TP1, TP2 és TP3 minták között nem mutatkozott szignifikáns különbség. A TP2 és TP3 csoportok b* értéke bizonyult a legnagyobbak, ami szignifikánsan nagyobbak tekinthető a TP1 mintacsoportéhoz képest. A csoportokat összehasonlítva a TP1 minták rendelkeztek a legkisebb b* értékkel. A TP2, TP4 és TP5 mintacsoportok b* értékei között nem mutatkozott szignifikáns különbség. A halhús megjelenését alapvetően meghatározó L* (világosság) és a* (vörös színezet) tekintetében az látható, hogy a vágás előtti pihentetés, a stressz csökkenésének hatására a halak húsa világosabb és vörösebb, vagyis élénkebb megjelenésű lett (TP3 és TP5 mintacsoportok), mint a pihentetés nélkül vágott egyedeké. A halak húsa a rövid ideig tartó szállítás esetén (TP2 mintacsoport) világosabb és vörösebb volt ugyan, mint a hosszú ideig szállított halaké (TP4 mintacsoport), de a különbség nem bizonyult szignifikánsnak. A mérési eredmények alapján a halak vágás előtti pihentetése – a stressz csökkentése céljából – nagyobb szerepet játszik a vágást követően kialakuló halhússzínezetben, mint a szállítás időtartama. A halhús színe és megjelenése nemcsak abban az esetben kiemelt jelentőségű, ha a hal húsát frissen, további feldolgozás nélküli értékesítésre szánják, hanem akkor is, ha előkészített termék előállítására használják fel.

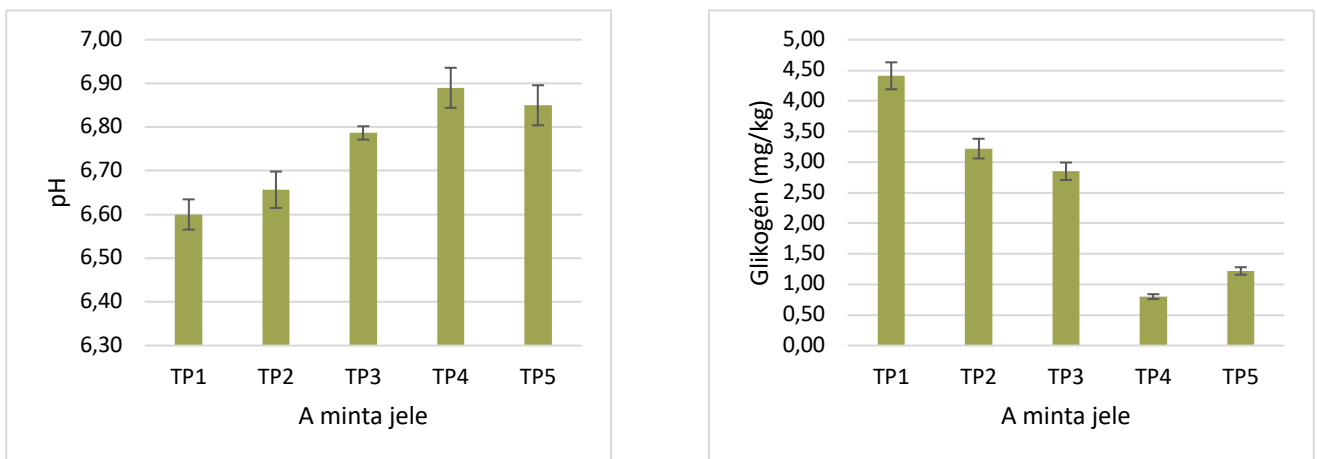
Tenyésztett tőkehalon (*Gadus morhua* L.) végzett kutatások során, míg egyes kutatások nem mutattak ki szignifikáns különbséget a vágási stressz mértéke és a hús színezete között (Bjørnevik és Solbakken, 2010), addig más eredmények a hullamerevség korábbi beálltával így a nagyobb stresszhatásnak kitett halak esetében alacsonyabb L* értéket mutattak, melyet a pH különbség okozta fehérje szerkezet béli különbségnek tulajdonítottak (Stien és mtsai., 2005). A halhús színezetét több tényező is befolyásolhatja, mint például az évszak, hal méret, szexuális érettség, táplálkozás így egyedenként is nagy eltérések tapasztalhatóak, továbbá az azonos egyedből származó minták is inhomogén színezetűek lehetnek (Olsen és mtsai., 2008).

5.1.2 A pH és a glikogéntartalom változása a feldolgozás során

A halhús glikogéntartalma, a vágás körülményei és a húsban kialakuló ún. végső pH-érték szoros kapcsolatban állnak egymással. A vágást követően a pH csökkenését a húsban található glikogén anaerob körülmények között történő lebontása eredményezi.

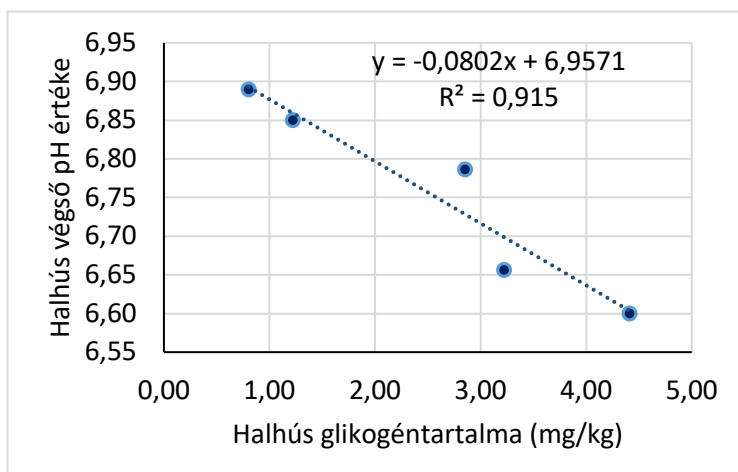
A legnagyobb glikogéntartalommal a közvetlenül a lehalásztást követően vágott (TP1) csoport egyedei rendelkeztek ($M_{TP1} = 4,41$ mg/kg) (8. ábra). Ezek esetében a halhúsok pH 6,60

végző értéket mutattak. A TP1 csoporthoz képest a feldolgozásra szállított egyedek húsa, pihentetéstől függetlenül, kisebb glikogéntartalmat és ezzel összefüggésben kisebb mértékű pH-csökkenést mutatott (TP2, TP3, TP4 és TP5 csoportok). A legkisebb glikogénmennyiséget a hosszú ideig (1 óra 40 percig) szállított TP4 csoport egyedeinek húsa tartalmazta ($M_{TP4} = 0,80$ mg/kg). A TP4 csoportnál volt a legkisebb a pH-csökkenés mértéke, a végző pH 6,89 értéket mutatott. A hosszú szállítást követő pihentetés hatására a TP5 csoportba tartozó halak húzában csak kis mértékben termelődött újra glikogén ($M_{TP5} = 1,22$ mg/kg). Ebben az esetben megmutatkozott ugyan a pihentetés jótékony hatása, azonban a rövid ideig tartó szállítást követő pihentetés esetén a TP3 csoportba tartozó egyedek húzában glikogéntartalma nem „töltődött vissza”. Ennek oka lehet a rövid, 30 percig tartó pihentetés. Hasonló eredményeket tapasztaltak lazacon végzett kísérletek során is (Skjervold és mtsai., 2001).



8. ábra: A halfeldolgozás egyes műveleti fázisaiban mért pH- és glikogéntartalom átlagértékei (TP1 – Akasztói lehalászás; TP2 – Akasztói üzembe szállítás; TP3 – Akasztói üzembe szállítás + pihentetés; TP4 – Budaörsre szállítás; TP5 – Budaörsre szállítás + pihentetés)

Az elvégzett statisztikai elemzés szignifikáns különbséget mutatott a mintacsoportokban mért pH-értékek között ($p < 0,001$). A csoportokat páronként összehasonlító Tukey HSD post hoc teszt alapján a legkisebb pH-értéket a TP1 (pH = 6,60) és TP2 (pH = 6,65) csoportban mért értékek mutatták, ami szignifikánsan kisebbnek bizonyult a többi csoporthoz képest. Szignifikánsan nagyobb pH-érték mutatkozott a TP4 (pH = 6,89) csoportban a TP1 (pH = 6,60), TP2 (pH = 6,65)



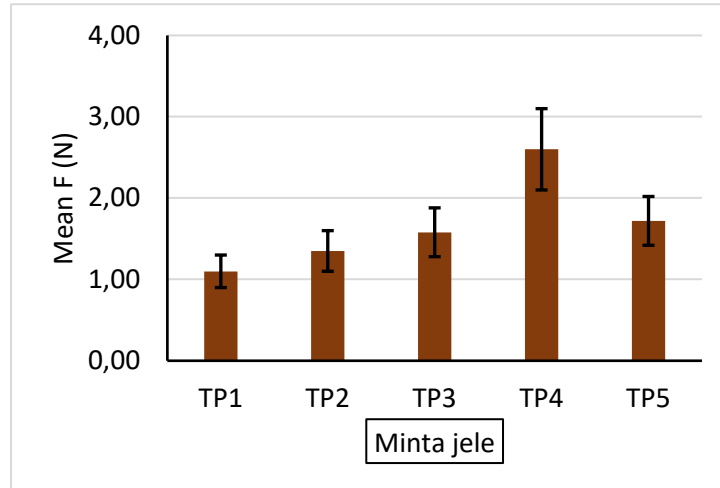
és TP3 (pH = 6,78) csoportokhoz képest. A mért pH-értékek negatívan korreláló ($R^2 = 0,915$) összefüggést mutattak a halhúsban mért glikogén mennyiségével (9. ábra). Azokban a halhúsokban, amelyekben nagyobb mennyiségben volt jelen glikogén, nagyobb mértékű pH-csökkenés figyelhető meg. A pH-csökkenésnek

jelentős szerepe van a húsminőség kialakulásában. A kismértékű csökkenés húshibához, ún, DFD jellegű (Dark, Firm, Dry) hús kialakulásához vezet. Ezekre a húsokra sötét szín, kemény, kompakt és száraz állomány, tapintás a jellemző. Ezen túlmenően a kismértékű pH-csökkenés kevésbé gátolja a romlást, megbetegedést okozó mikroorganizmusok élettevékenységét, így ezek eltarthatósági ideje rövidebb, mint a nagyobb pH-csökkenést mutató halhúsoké. A glikogéntartalom és pH-mérés eredményei rávilágítanak arra, hogy már a rövid ideig tartó szállítás is stresszként hat a vágásra szánt halakra. A stressz hatására elhasználják az izomzatukban (húsukban) energiahordozó vegyületként szolgáló glikogént. Ennek visszapótlására a kísérletünkben 30 percig tartó pihentetés kevésnek bizonyult. A hosszabb szállítást követő, 48 órán át tartó pihentetés kedvezőbb, de az így visszanyert glikogénmennyiség is csak kb. 25%-a a lehalászást követően mért értéknek. Ennek oka feltételezhetően az, hogy a pihentetés alatt az állatok nem jutottak takarmányhoz, így az elhasznált glikogéntartalom pótlásához nem állt rendelkezésre tápanyag utánpótlás.

5.1.3 A halhús állományváltozása

Az állománymérés során a halak hússzövetének átszakításához szükséges maximális erő (F; N) értéket vizsgáltam. A 10. ábra alapján a legkeményebbnek a TP4 csoportba tartozó, hosszú ideig szállított halak húsa bizonyult ($M_{TP4} = 2,67 \text{ N}$; $SD = 0,57$). A legkisebb F értéket a TP1 csoportban mértem ($M_{TP1} = 1,07 \text{ N}$; $SD = 0,19$). A vizsgált csoportokban mért F értékek között a varianciaanalízis alapján szignifikáns különbség adódott ($p < 0,001$). A Tukey HSD-féle post hoc páronkénti összehasonlító teszt alapján a TP4 csoport F értékei szignifikánsan nagyobbak tekinthetők, mint a többi vizsgálati csoport. A TP1 csoport esetében mért F értékek a TP4 és TP5 csoportokhoz képest szignifikánsan kisebbnek bizonyultak. A TP2, TP3 és TP5 csoportok között szignifikáns különbség nem látható.

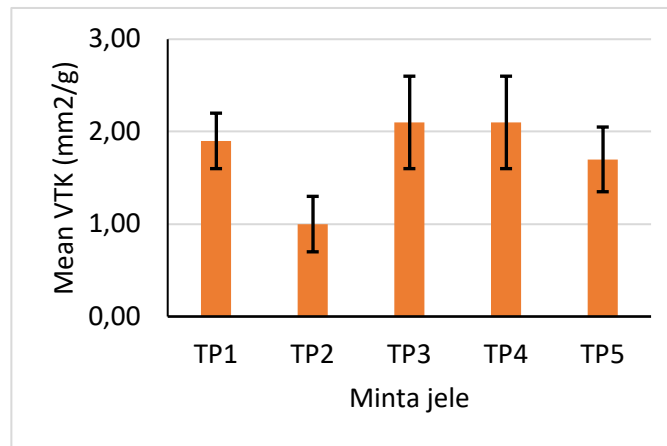
Az állománymérés során mért F értékek alakulása alapján az látható, hogy a hosszú ideig tartó szállítás után pihentetés nélkül vágott halak (TP4 csoport) húsanak állománya keményebb lett, mint a pihentetés után vágottaké (TP5 csoport). A rövid ideig szállított és pihentetett halak (TP3 csoport) nem szignifikáns módon, de keményebbnek bizonyultak, mint a pihentetés nélkül vágottak (TP2 csoport). Ebben az esetben a glikogéntartalomhoz hasonlóan, és azzal összefüggésben, a pihentetés ideje kevésnek bizonyult, ami meghatározó nemcsak a végső pH, hanem a kialakuló állomány szempontjából is. A szállítás időtartamait tekintve (TP2 és TP4 csoport) jelentős különbség látható a halhúsok állományában. A szállítás okozta hosszú ideig tartó stresszhatásnak kitett halak húsa (TP4 csoport) kétszer olyan keménynek bizonyult, mint a rövid ideig szállított egyedeké (TP2 csoport). Ez egybevág más halfajokon végzett kísérletek eredményével is (Skjervold és mtsai., 2001; Stien és mtsai., 2005; Bjørnevik és Solbakken, 2010).



10. ábra: A halfeldolgozás egyes műveleti fázisaiban mért keménység (F ; N) átlagértékei (TP1 – Akasztói lehalászás; TP2 – Akasztói üzembe szállítás; TP3 – Akasztói üzembe szállítás + pihentetés; TP4 – Budaörsre szállítás; TP5 – Budaörsre szállítás + pihentetés)

5.1.4 A víztartó képesség (VTK) mérésének eredményei

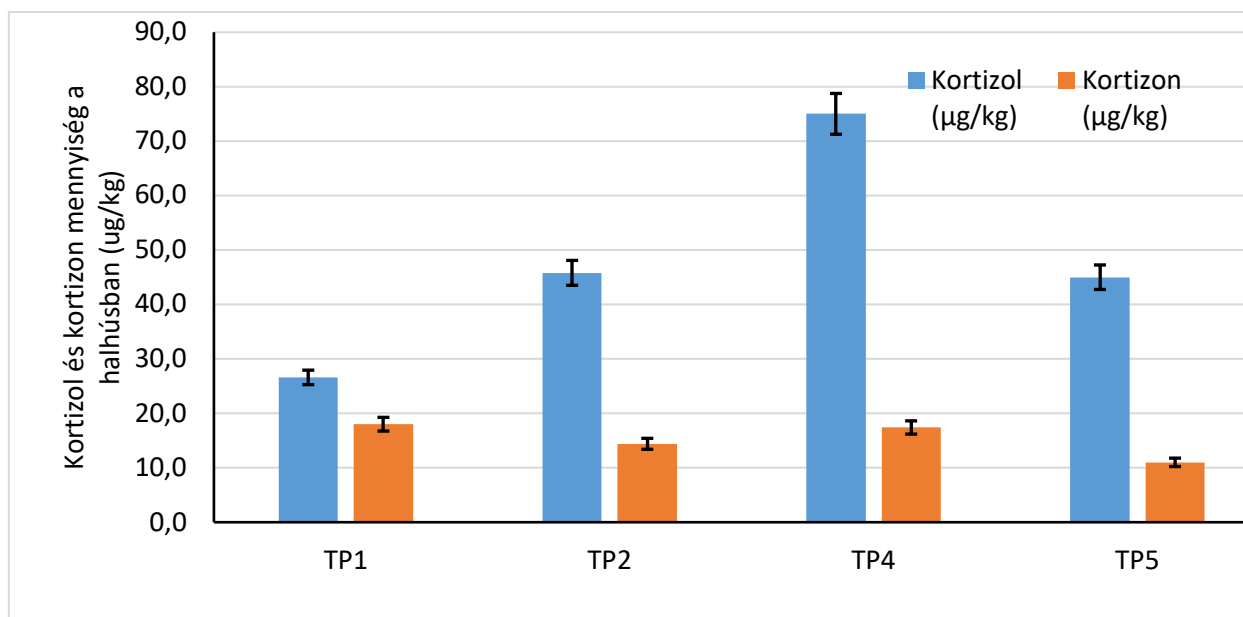
A VTK értékei közül a nagyobb érték a halhús rosszabb víztartó képességét jelenti. A legnagyobb VTK-értékeket a TP1, TP3 és TP4 csoportba tartozó egyedek húsa mutatta ($M_{TP1} = 1,90 \text{ mm}^2/\text{g}$, $SD = 0,10$; $M_{TP3} = 2,06 \text{ mm}^2/\text{g}$, $SD = 0,25$; $M_{TP4} = 2,16 \text{ mm}^2/\text{g}$, $SD = 0,24$) (11. ábra). Ez azt jelenti, hogy TP1, TP3 és TP4 csoportba tartozó halak húsból ugyanannyi idő alatt több nedvesség távozott, mint a TP2 és TP5 csoportokba tartozókból. Ennek oka feltételezésem szerint a stressz által kiváltott endokrin szabályozás fiziológiai hatásaira vezethetőek vissza, de a eredmények további vizsgálata indokolt. A VTK értékekre végzett statisztikai elemzés szignifikáns különbséget mutatott a csoportok között ($p < 0,001$). A Tukey HSD post hoc teszt alapján a TP2 csoportban mért VTK-értékek ($M_{TP2} = 1,03 \text{ mm}^2/\text{g}$, $SD = 0,12$) szignifikánsan kisebbnek bizonyultak az összes többi csoporthoz képest. A TP1, TP3, TP4 és TP5 csoportok esetében nem mutatkozott szignifikáns különbség. Tőkehalon (*Gadus morhua*) végzett kísérletek során hasonló összefüggést tapasztaltak a stressz és a vízkötő képesség között (Bjørnevik és Solbakken, 2010; Hultmann és mtsai., 2012).



11. ábra: A halfeldolgozás egyes műveleti fázisaiban mért víztartó képesség (VTK; mm²/g) átlagértékek (TP1 – Akasztói lehalászás; TP2 – Akasztói üzembe szállítás; TP3 – Akasztói üzembe szállítás + pihentetés; TP4 – Budaörsre szállítás; TP5 – Budaörsre szállítás + pihentetés)

5.1.5 A glikogén-, a kortizol- és a kortizontartalom mérési eredményei

Vizsgálatainkat a stressz hatására termelődő kortizol- és kortizontartalom mérésével és értékelésével folytattuk. A stresszhormonnak is nevezett kortizol mennyiségében (12. ábra) a hosszú távú szállítás esetén látható kiugróan magas érték (72,93 µg/kg), ami a szállítás során elszenvedett stressz hatásával hozható összefüggésbe. Nem látszik azonban különbség a lehalászást követően rövid távon szállított (44,6 µg/kg) és a hosszú távon szállított, de 2 napig pihentetett (43,39 µg/kg) halak hújának kortizolszintje között. A legkisebb kortizolszintet a közvetlenül a lehalászást követően vágott egyedek húsa mutatta (26,6 µg/kg). A kortizonszintben jelentős különbség nem mutatkozott a szállítás és feldolgozás egyes fázisaiban mért értékek között. A halak húzában mért kortizon mennyisége a 11,0–18,0 µg/kg tartományban alakult. A stresszhormonokat tekintve mind a kortizol–kortizon, mind a kortizon–kortizol átalakulás végbemegy a szervezetben. A reakció egyensúlya jellemzően a kortizon–kortizol képződés felé tolódik. A reakció irányát tekintve azonban nem látszik összefüggés a halak húzában mért kortizon- és kortizolmennyiségek között. A kapott eredmények egybevágóak tőkehalon (Hultmann és mtsai., 2012) és különböző lazacféléken (Barton, 2000) végzett kutatások eredményeivel.



12. ábra: A halfeldolgozás egyes műveleti fázisaiban a halhúsban mért kortizol és kortizon mennyisége

A halmájban mért glikogénmennyiség 0,1-0,3 mg/kg értéket mutatott, ami alapján nem mutatkozott különbség a közvetlenül a lehalászt követően vagy a közeli halfeldolgozó üzemben végzett vágás között (5. táblázat). Ez arra utal, hogy jelentősebb glikogénmennyiség a halhúsban található, és stressz hatására elsődlegesen ez a glikogén kerül felhasználásra. A máj kortizol- és kortizonszintje a lehalászt követően mérés határ alatt volt ($< 5 \mu\text{g/kg}$), azonban a tópartról való beszállítást követően 14,5 és 11,0 $\mu\text{g/kg}$ mennyiségben volt kimutatható a májban.

5. táblázat: A halfeldolgozás egyes műveleti fázisaiban a halmájban mért glikogén, kortizol és kortizon mennyisége

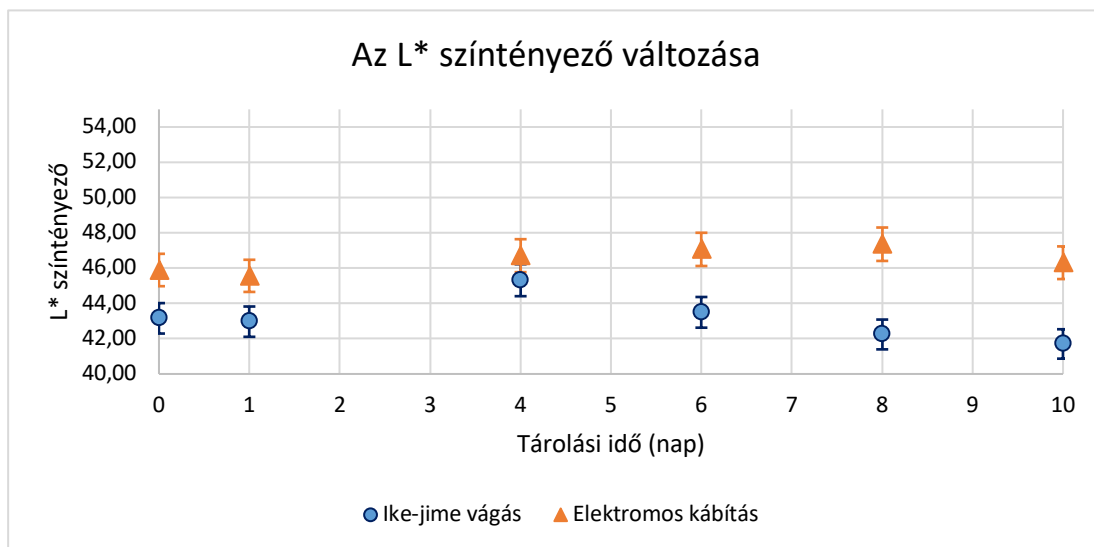
HALMÁJ GLIKOGÉN, KORTIZOL ÉS KORTIZON TARTALMA	AKASZTÓ / LEHALÁSZÁS (TP1)	AKASZTÓ / HALFELDOLGOZÓBA SZÁLLÍTÁS (TP2)
Glikogén (mg/kg)	0,1	0,3
Kortizol ($\mu\text{g/kg}$)	<5	14,5
Kortizon ($\mu\text{g/kg}$)	<5	11,0

5.2 A vágási technológiák hatása a halhús minőségére

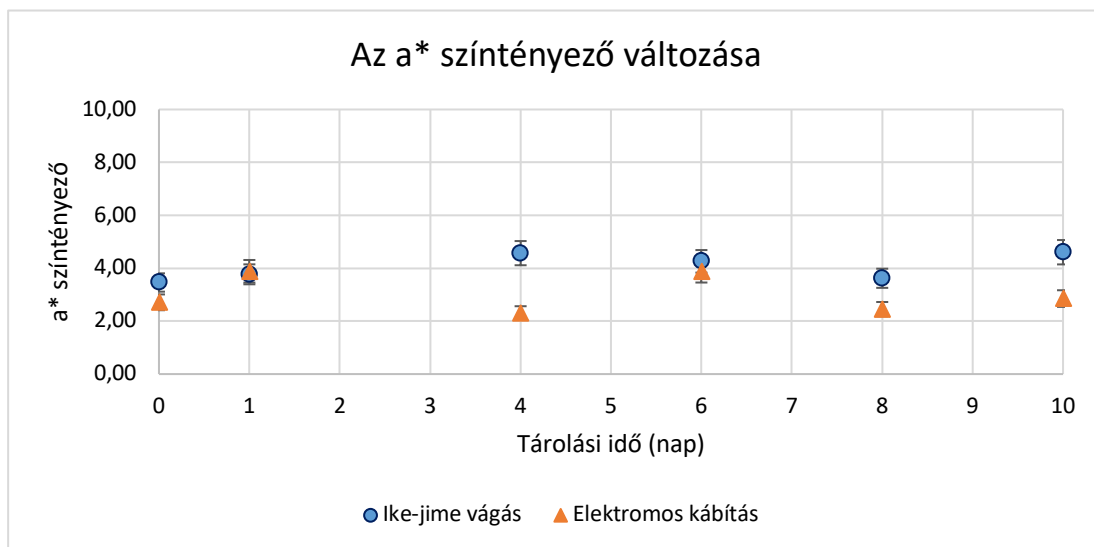
5.2.1 A vágási technológiák hatása a halhús színére

Az L^* világossági színtényező eredményeit a 13. ábrán vehetjük szemügyre. Az ikejime módszerrel vágott ponty esetében az L^* értékek nemcsak a 0. napon, de a tárolás folyamán végig kisebb, vagyis a halhús színezete sötétebb. Ez kifejezetten kedvező az olyan halhús esetében, amelyre egyébként sem a világos színezet a természetesen jellemző. Az értékek kis mértékben ingadoznak ugyan, nagy változások azonban nem történnek a tárolás ideje alatt. Az elektromos kábítással vágott hal esetében a 10 napos tárolás során szintén ingadoztak kis mértékben az L^*

értékek, azonban nem jelentős mértékben, illetve az ikejime vágáshoz képest valamivel sötétebb színezetet mutattak.

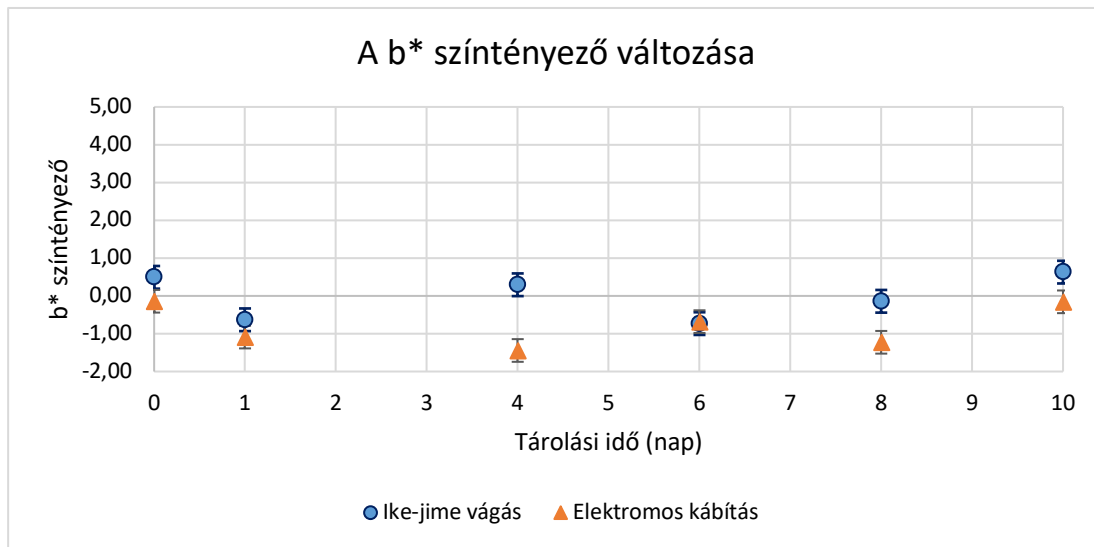


13. ábra: Az L* változása az ikejime vágás és az elektromos kábitás hatására az idő függvényében



14. ábra: Az a* változása az ikejime vágás és az elektromos kábitás hatására az idő függvényében

Az a* vörös-zöld színtényező esetében is alapvetően az ikejime módszerrel vágott halhús értékei kis mértékben magasabbak, vagyis valamivel vörösebbnek tűnnek a minták (14. ábra). A b* kék-sárga színtényező esetében nem igazán véltem felfedezni tendenciát (15. ábra). Meg kell említenünk azonban, hogy alapvetően az egyes egyedek között nagyobb színezetbeli különbségek képesek előfordulni, mint a jelenlegi mérések alapján kimutatott különbségek, így ezek nem tekinthetők igazán lényeges eltéréseknek.



15. ábra: A b* változása az ikejime vágás és az elektromos kábítás hatására az idő függvényében

A minták teljes színezetének változását a ΔE^* színinger-különbség értékkel lehet átfogóbban megvizsgálni.

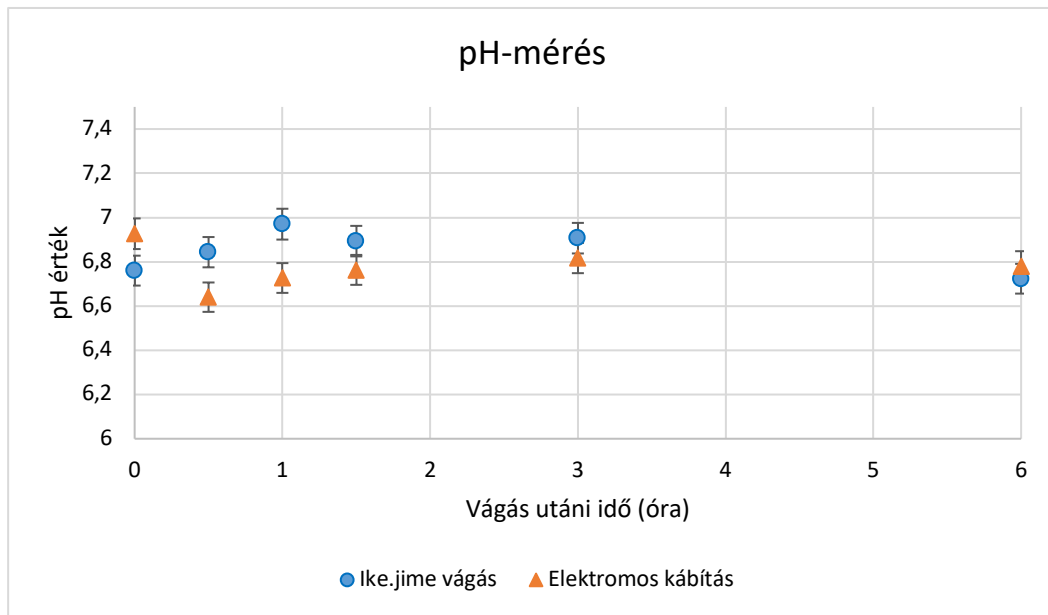
A különbségértékek a következők:

- 0. nap az ikejime vágás és az elektromos kábítás közötti különbség: $\Delta E^* = 2,91$
- 10. nap az ikejime vágás és elektromos kábítás közötti különbség: $\Delta E^* = 4,99$
- Az ikejime vágás 0-10. nap közötti különbsége: $\Delta E^* = 1,85$
- Az elektromos kábítás 0-10. nap közötti különbsége: $\Delta E^* = 0,44$

A fenti adatokból látható, hogy a tárolási kísérlet során az elektromos kábítású hal esetében a színváltozás nem észrevehető, de az ikejime vágás észrevehető kategóriába esik. A két vágási technológia közötti színkülönbség már a vágást követően észrevehető, és a tárolási kísérlet során a különbség jól láthatóvá válik. A színkülönbség adódhat a vágástechnológia különbözőségéből, például az elektromos kábítás hatására megnövekedett vérnyomás miatt megpattanó hajszálerek miatt vagy a két egyed közötti különbségből.

5.2.2 A pH-érték változása a vágást követően és a tárolás során

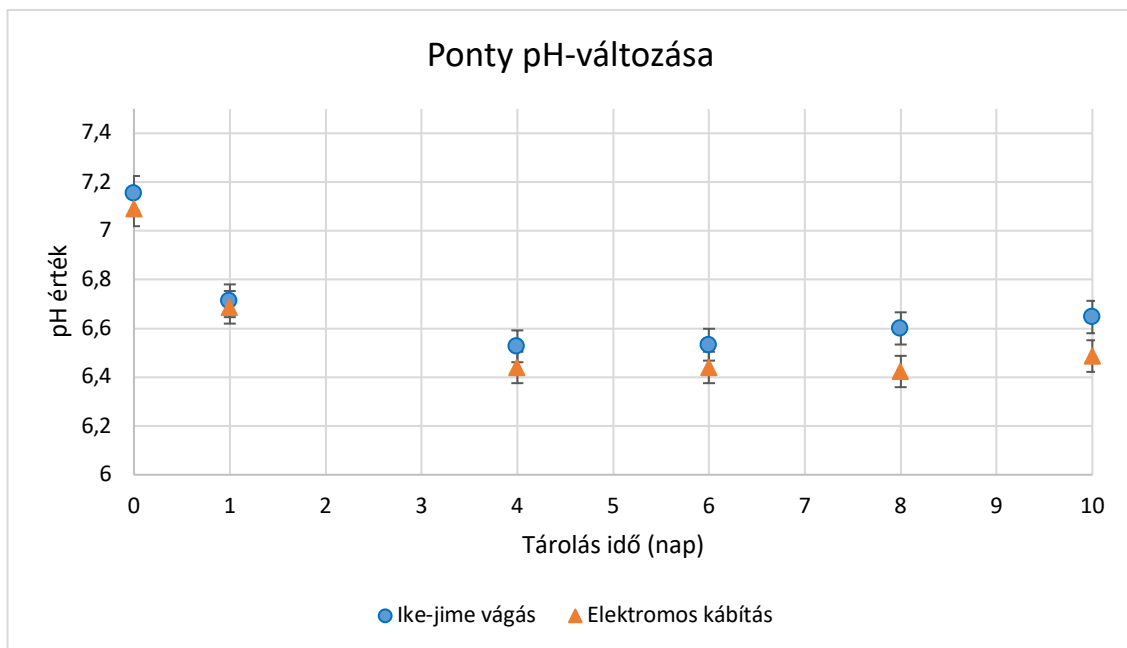
A pH-mérés esetében először a vágást követő 6 órában folyamatosan mértem a pH változását, mivel ebben az időszakban történik a legnagyobb mértékű pH-változás a hal húzában, ennek eredményeit a 16. ábra mutatja be.



16. ábra: A pH változása az ikejime vágás és az elektromos kábítás hatására a vágást követő 6 órában

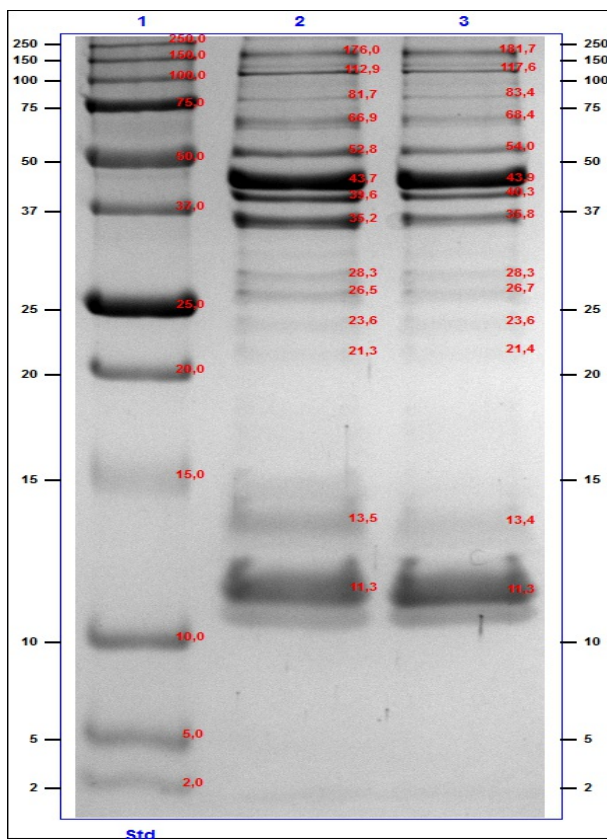
A grafikonon jól látható, hogy a vágást követően az ikejime módszerrel vágott hal kiindulási pH-értéke alacsonyabb, mint az elektromos kábítással levágott halé, amely szintén egyedenként változó lehet, viszont az első fél órában az elektromosan kábított hal pH-értéke gyorsan csökken, míg az ikejime módszerrel vágott hal pH-ja növekszik. Ezt követően az ikejime módszerrel vágott hal pH-értéke magasabb, majd a vágást követő első 6 órában kiegyenlítődnek az értékek (16. ábra).

A tárolási kísérlet során sem tapasztaltunk igazán jelentős eltéréseket. Az elektromos kábítású hal pH-értéke azonban valamivel alacsonyabb, mint az ikejime módszerrel vágott hal esetében. A tárolási kísérlet végére megfigyelhető, hogy a két érték távolodik egymástól, a tárolási kísérlet utolsó napján már több mint 1 tizedes különbség van a két érték között (17. ábra). Az ikejime módszerrel vágott hal esetében a $\text{pH} = 6,65$, az elektromosan kábított hal esetében a $\text{pH} = 6,49$. Megbízható következtetéseket azonban csak további kísérletek elvégzését és az eredmények validálását követően lehetne kijelenteni.



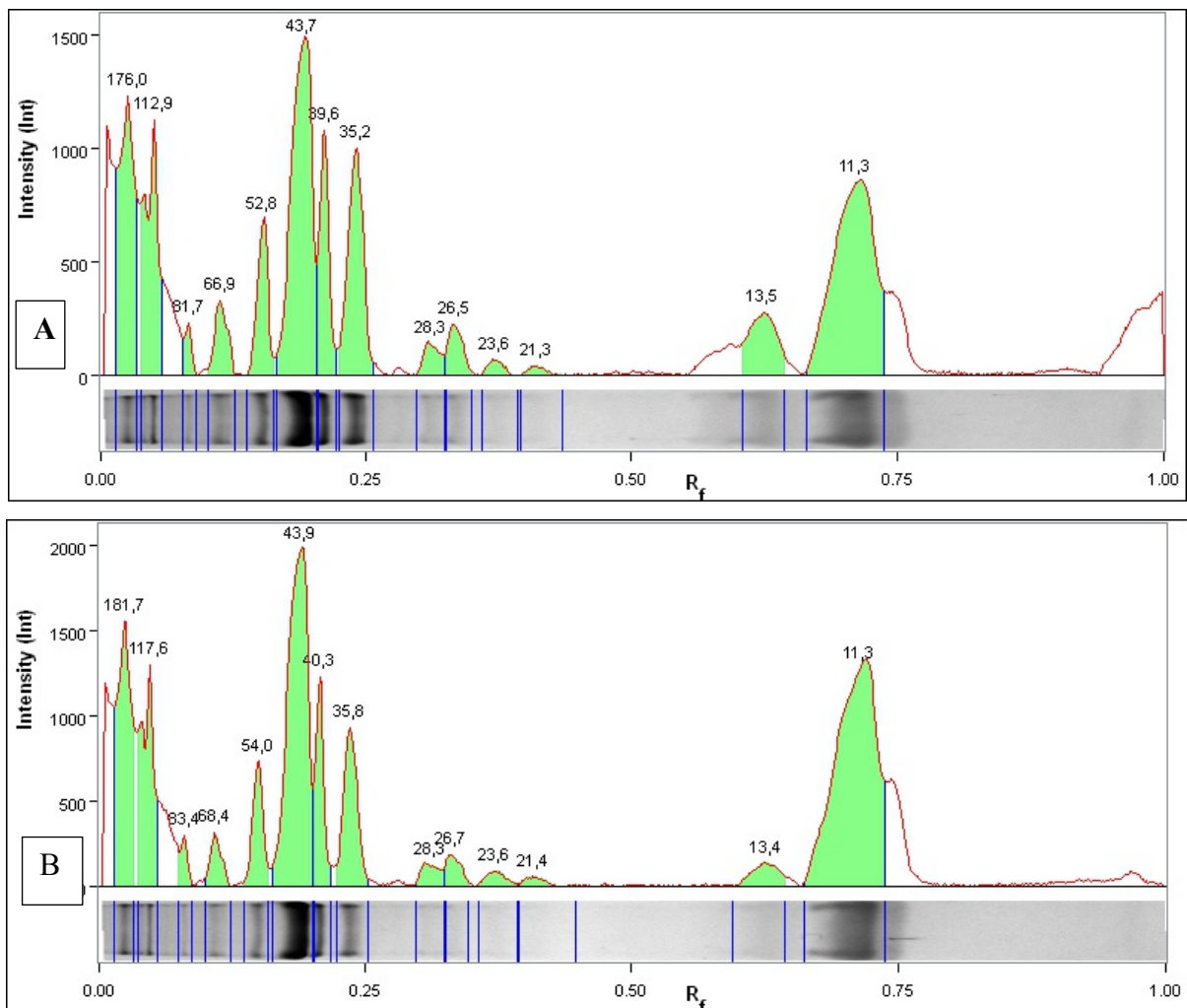
17. Ábra: A pH változása az ikejime vágás és az elektromos kábítás hatására a 10 napos tárolási kísérlet során

5.2.3 A gélelektroforézis-vizsgálatok eredményei



Az elválasztási képen (18. ábra) az első oszlop a molekulastandard, azt követi a ikejime, majd pedig az elektromos kábítással vágott pontyhús mintái. A két minta között jelentős különbséget nem tapasztaltunk a vizsgált szarkoplazma-fehérjékben. A szarkoplazma oldható fehérjei a sejt fehérjeinek nagy hányadát képezik. A szarkoplazma-fehérjék nagy része enzim, amelyek energiatermelő folyamatokat katalizálnak. A szarkoplazma-fehérjék legjelentősebb fehérjei a mioglobin és a hemoglobin, amelyek a húsok színét adják, így élelmiszeripari szempontból kiemelten fontosak. Az eredmények szemléltetése végett a 19. ábrán láthatók a sávok intenzitásgörbéi is.

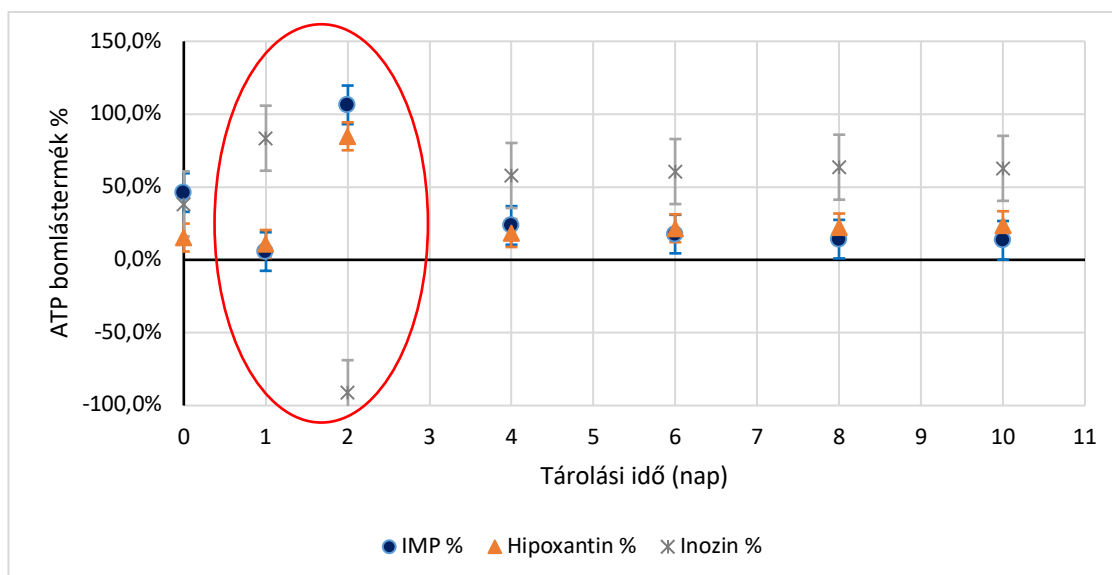
18. ábra: A vizsgált pontyminták fehérjeinek SDS-PAGE elválasztási képe (1. Molekulastandard, 2. Pontyminta ikejime kábítással, 3. Pontyminta elektromos kábítással)



19. ábra Ikejime (A) és elektromos kábítással vágott (B) pontyminták fehérjéinek intenzitásgörbéi.

5.2.4 A kábítási módszerek hatása az ATP-bomlástermékek változására

A halszövet sajátos biokémiai reakcióinak hatására az ATP enzimatisz degradálódásának folyamatában az adenzin-ribóz oldalláncának lehasadása mellett keletkezik az inozin-monofoszfátból (IMP) előbb hipoxantin, végül inozin. Az IMP fontos indikátora a frissességnek, mert a húsban akkumulálódó további bomlástermékek, az inozin és a xantin felelősek a kellemetlen állott íz kialakulásáért. Így a halszövet minőségének szempontjából előnyös, ha az IMP mennyisége magas marad a tárolás során, miközben a hipoxantin és az inozin mennyisége minél alacsonyabb szinten állandósul.



20. ábra: IMP, Hx, Ino. aránya a tárolási idő függvényében (ikejime)

A 20. ábra alapján szemügyre vehető, hogy az 1. és 2. napok kiugró adatai, valamint negatív értéke mérési hibára utalhatnak, amelynek oka lehet a plate-reader pontatlan működése vagy a pipetta pontatlansága. A mérési eredmények értékeléséhez így az adatsorokból az 1. és 2. napokhoz tartozó adatokat kizártuk.

A diagramon ábrázolt adatpontokra trendvonalat illeszttem, és meghatároztam az azokat leíró függvényeket. A trendvonalfüggvényt alkalmazva kiszámítottam a hiányzó adatok értékeit, majd azokat az adatsorokba illesztve új diagramokat kaptam.

- **IMP adatsorának trendvonal-függvénye:**

$$y = 0,4214e^{-0,128x}$$

$$R^2 = 0,9557$$

- **Hipoxantin adatsorának trendvonal-függvénye:**

$$y = 0,1555e^{0,0453x}$$

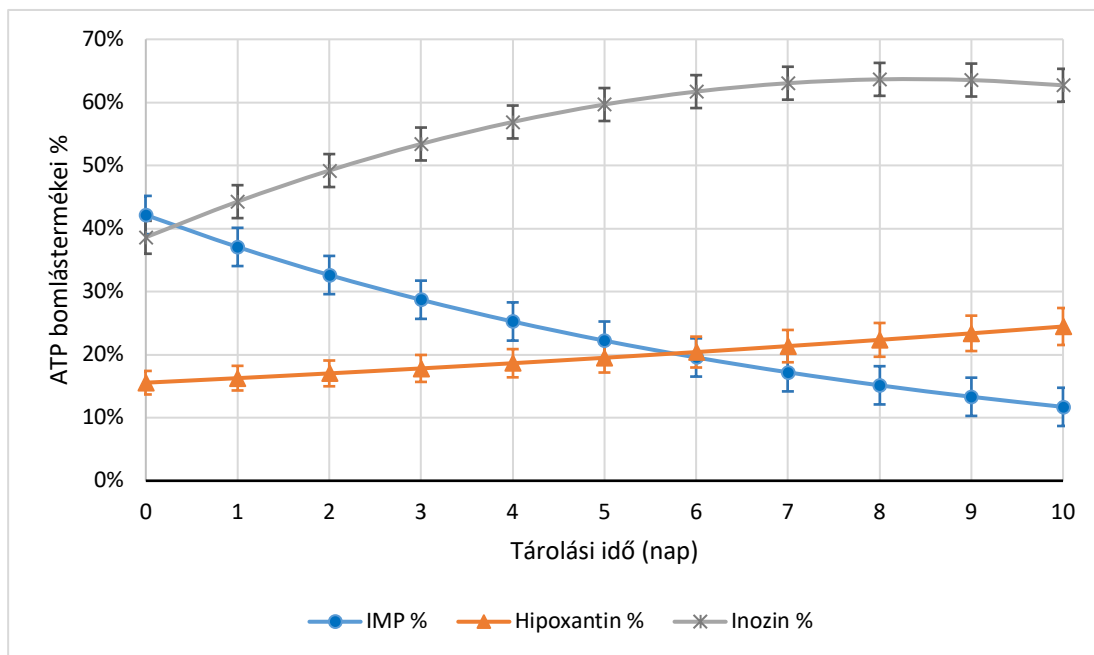
$$R^2 = 0,9605$$

- **Inozin adatsorának trendvonal-függvénye:**

$$y = -0,0036x^2 + 0,0601x + 0,3861$$

$$R^2 = 0,9948$$

A kiszámított trendvonalak alapján az alábbi diagramot kaptam (21. ábra)



21. ábra: IMP, Hx, Ino. aránya a tárolási idő függvényében (ikejme)

Az elektromosan kábított hal mérési eredményeit ehhez hasonlóan számítottam ki, ennek alapján a 22. ábra diagrammját kaptam

- **IMP adatsorának trendvonal-függvénye:**

$$y = 0,0043x^2 - 0,0751x + 0,4253$$

$$R^2 = 0,9217$$

- **Hipoxantin adatsorának trendvonal-függvénye:**

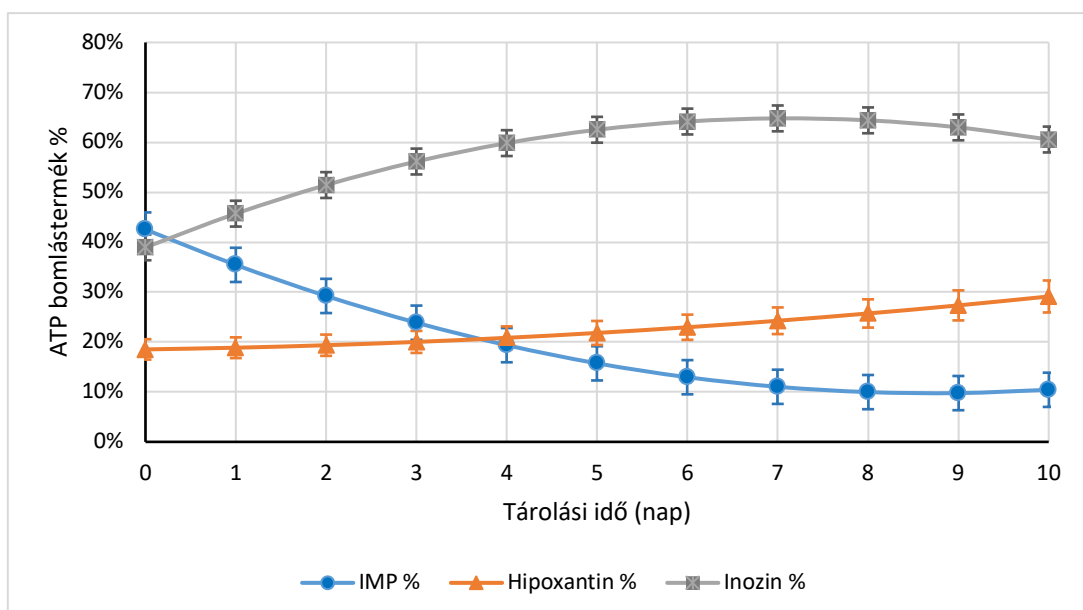
$$y = 0,0008x^2 + 0,0026x + 0,1852$$

$$R^2 = 0,8082$$

- **Inozin adatsorának trendvonal-függvénye:**

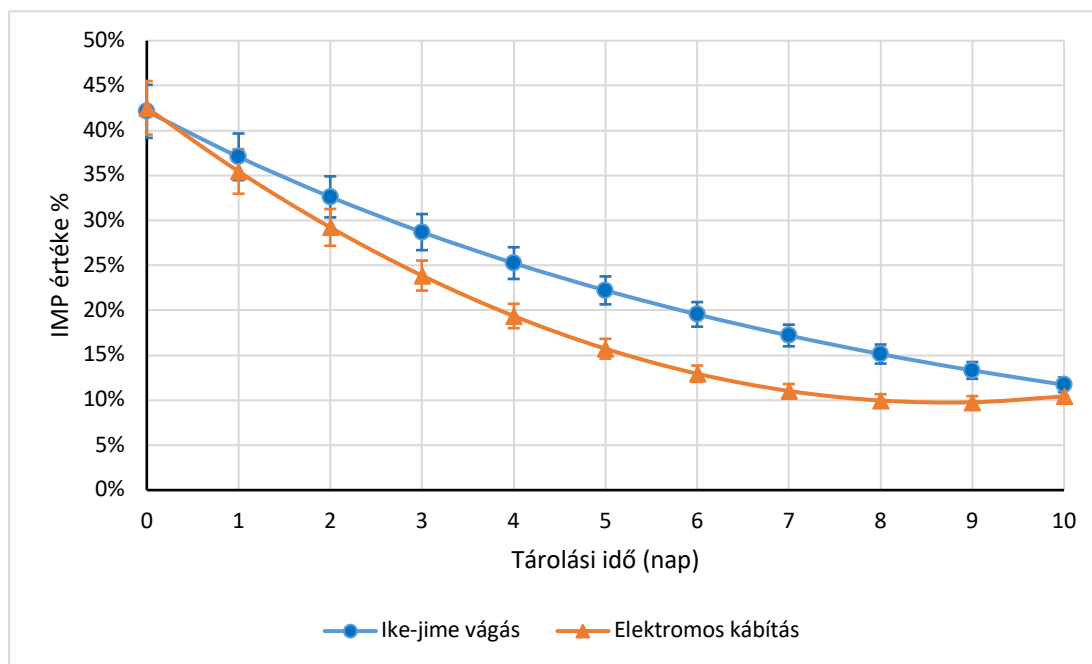
$$y = -0,0051x^2 + 0,0726x + 0,3896$$

$$R^2 = 0,9325$$



22. ábra: IMP, Hx, Ino. aránya a tárolási idő függvényében (elektromos kábítás)

A 10. napon az ikejime vágástechnológiával vágott hal átlagos IMP tartalma 13% volt, míg az elektromosan kábított hal húsában 9%. Emellett a 2 görbe közötti különbség is jól szemügyre vehető (23. ábra). Ez azt jelzi, hogy a dezaminációs folyamat az ikejime módszerrel vágott halban lelassul, ezáltal azonos tárolási időtartam mellett a dezamináció szintje alacsonyabb, tehát hosszabb tárolási időt biztosíthatunk a terméknek. Poli és mtsai. (2005) hasonló eredményeket tapasztaltak az ikejime és elektromos kábítás összevetése során.

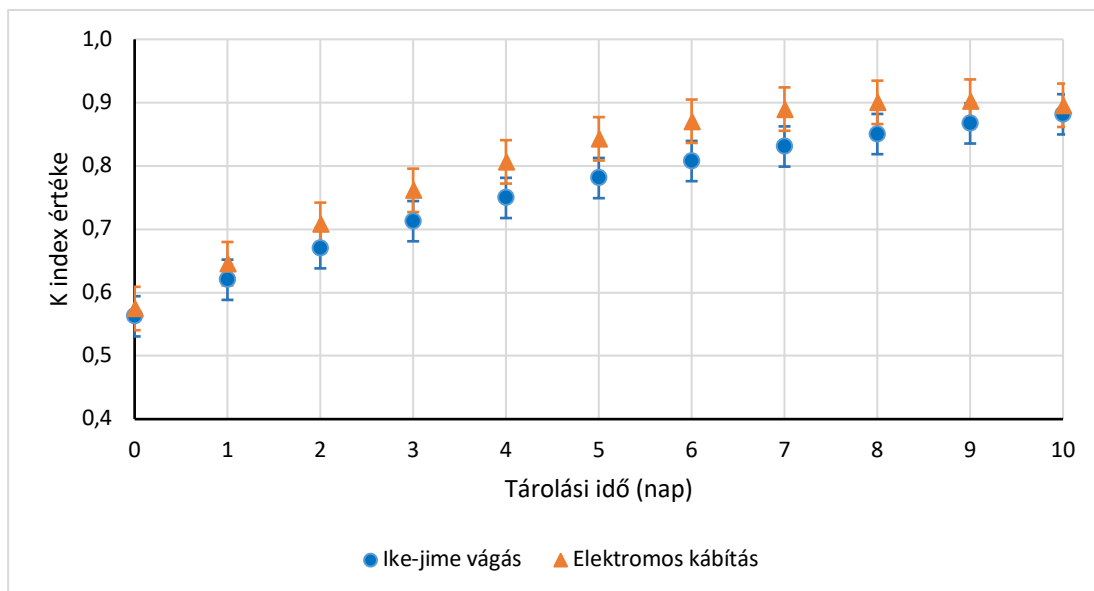


23. ábra: Az IMP értékének változása az ikejime vágás és az elektromos kábítás hatására az idő függvényében

5.2.5 A halhús frissességének változása tárolás során

A NOVOCIB Freshness Assay Kit alkalmazásával az IMP, a hipoxantin és az inozin arányai alapján a K index meghatározására van lehetőség, amelynek képlete:

$$K \text{ index} = \frac{\text{hipoxantin} + \text{inozin}}{\text{inozin} - \text{monofoszfát} + \text{hipoxantin} + \text{inozin}}$$

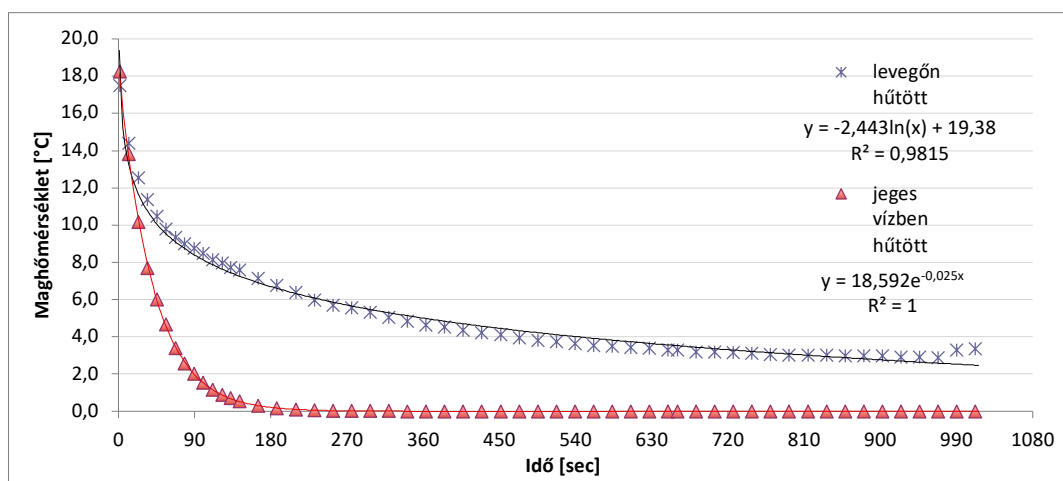


24. ábra: A K index változása az ikejime vágás és az elektromos kábítás hatására az idő függvényében

A K index 0 és 1 közötti érték lehet. Minél kisebb a K index értéke, annál frissebb a hal húsa. Első szemrevételezésre az ikejime módszerrel vágott és az elektromosan kábított minták K indexértéke a tárolási próba teljes ideje alatt különbséget mutatnak (24. ábra). Az ikejime vágás hatására látszólag az autolitikus bomlás lassabban játszódik le a termékben. Azonos eredményeket tapasztaltak lazac (*Salmon salar*) kíméletes vágási technológiáival elvégzett kísérletek során is (Sigholt és mtsai., 1997).

5.2.6 A hűtési sebesség hatása az ATP-bomlástermékek változására

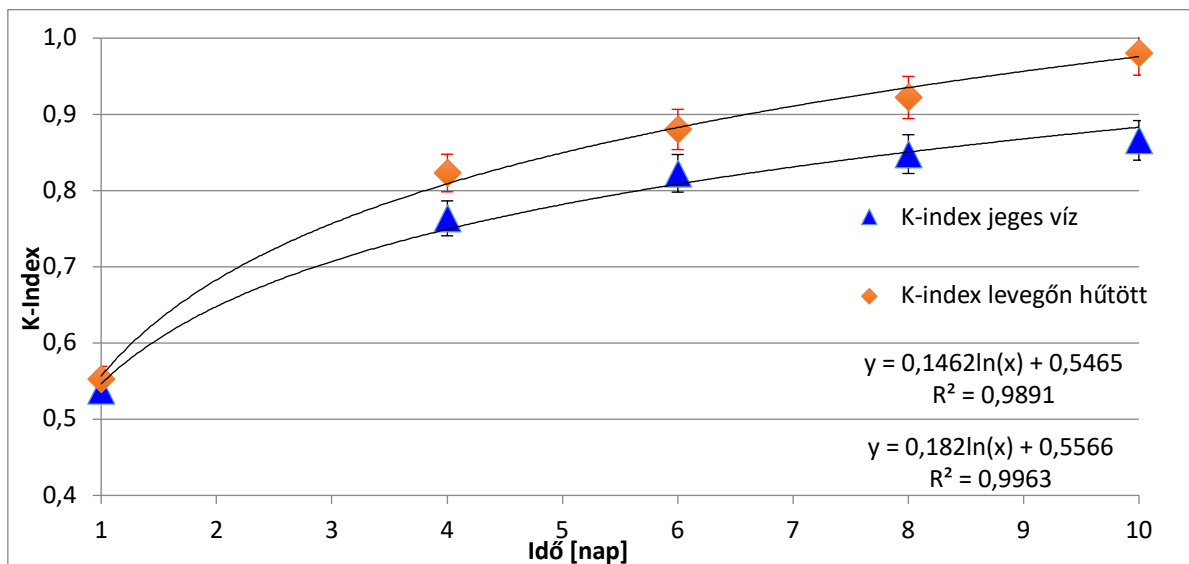
A hűlési görbék alapján (25. ábra) szembetűnő a különbség a jeges vízzel és a hagyományos módon levegővel hűtött haltestekben mért hőmérsékletváltozás között. Míg a jeges vízzel hűtött haltestek 60 perc alatt elérték a 4 °C alatti hőmérsékletet, és 90 perc alatt a kívánatos 2 °C alatti maghőmérsékletet regisztrálhattam, addig a levegővel hűtött halak esetében 18 óra sem volt elegendő a 2 °C eléréséhez.



25. ábra: Két különböző módszerrel hűtött haltestek maghőmérséklet-változásának átlagos értéke az idő függvényében (C°/perc)

A foszfatáz enzim működésének kezdeti lelassítása, amelyet a jeges vízzel hűtött hal húzában mért K index alacsonyabb értéke mutat (26. ábra), a tárolás alatt mindvégig kifejtette kedvező hatását. Ez egyrészt a kötőszöveti fehérjék lassabb erodálódása miatt tovább fennmaradó feszesebb textúrának, másrészt az állott mellékíz okozó, a húsból felgyűlő inozin és xantin kisebb mennyiségének köszönhető.

$$K = \frac{\text{Hypoxantin} + \text{Inozin}}{\text{inozin} - \text{monofoszfát} + \text{Hypoxantin} + \text{Inozin}}$$



26. ábra: K index változása a jeges vizes és a levegővel hűtés hatására az idő függvényében (nap)

Megállapítottam, hogy a ponty húzában frissességét jelző K index más tengeri halfajokéhoz képest magasabb kiinduló értékkel bír. Az eredmény alátámasztja azt a tapasztalati tény, hogy a ponty húsa általánosságban rövidebb ideig őrzi meg a tárolás alatt a fogyaszthatóság érzetét keltő organoleptikus tulajdonságait.

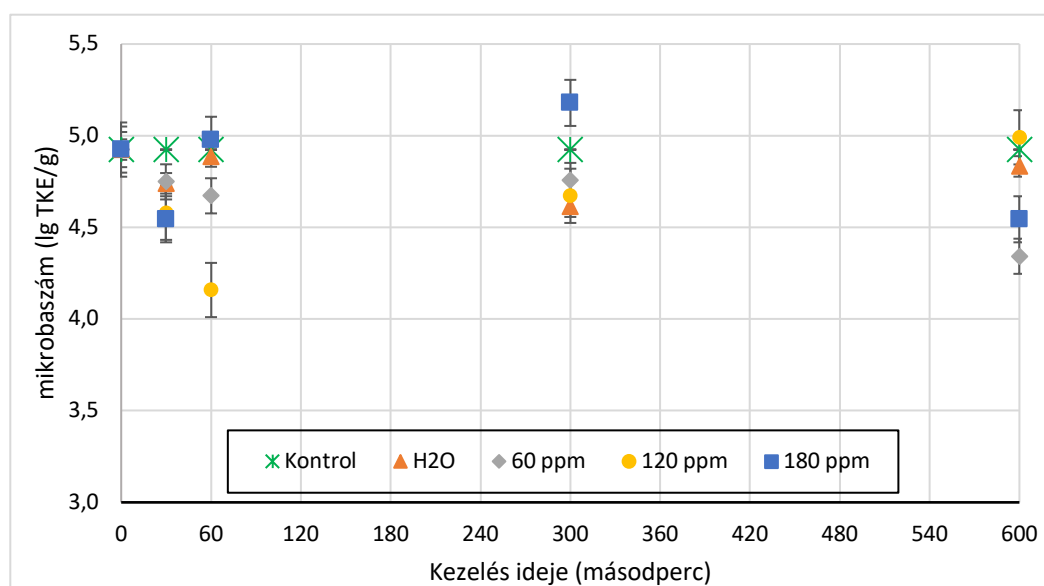
5.3 Az elektrolizált aktív víz hatása a pontyhús eltarthatóságára

5.3.1 Az elektrolizált aktív vizes kezelés azonnali hatása a mikrobiológiai szennyezettségre

Az aktív víz mikrobákra gyakorolt azonnali hatásának kísérletéből nyert összecsíraszám adatokat (6. táblázat; 27. ábra; 28. ábra; 29. ábra) az IBM SPSS V21 statisztikai elemző szoftverével dolgoztam fel (III. Melléklet). Kéttényezős varianciaanalízist végeztem el a koncentráció és a gyártó szempontjából. Ebből kiderült, hogy mind a gyártó, mind a koncentráció szignifikáns, és kapcsolat is felfedezhető a két tényező között.

- koncentráció $F(4) = 7,392$; $p < 0,001$
- típus $F = 10,576$; $p = 0,003$
- koncentráció * típus $F(4) = 3,956$; $p = 0,011$

A post hoc teszt révén – amely megmutatja, hogy melyik csoport melyiktől tér el – azt láthatjuk, hogy a 120 ppm és 180 ppm klórkoncentrációjú kezelés értéke tér el szignifikánsan a klórmentes desztillált vízzel való kontrollkezelés értékeitől.



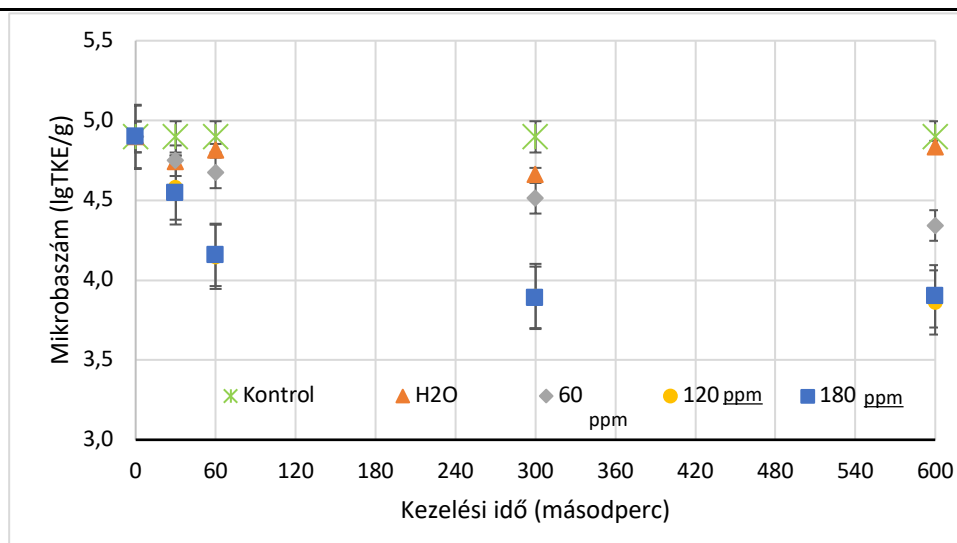
27.ábra: A kevert aktív víz azonnali hatása az összecsíraszámra az idő függvényében

Ha az idő hatását a koncentrációval vagy a típussal közösen vizsgáljuk, akkor azt láthatjuk, hogy egyik esetben sem kapunk szignifikáns eltérést, és összefüggést sem tudunk kimutatni.

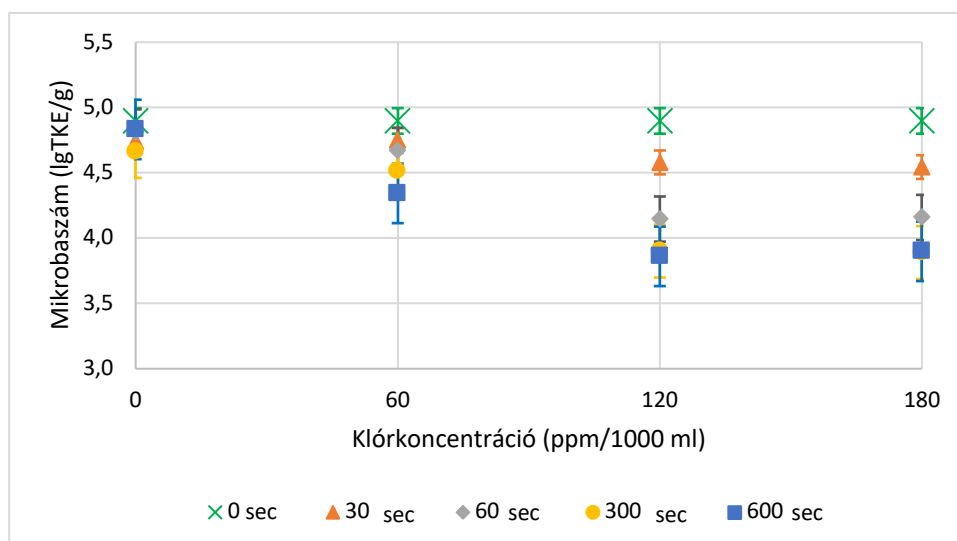
- idő összevetése a típussal: $F(3) = 0,779$; $p = 0,515$
- idő összevetése a koncentrációval: $F(12) = 0,403$; $p = 0,946$

6. táblázat: Kétféle aktív vizes kezelés, az összes mikrobaszám laboratóriumi eredményei a kezelési idő és klórkoncentráció függvényében.

Összcíraszám (log ₁₀ TKE/g)					
AV kevert	Kontroll	H ₂ O	60 ppm	120 ppm	180 ppm
0 sec.	4.92±0.24	4.92±0.31	4.92±0.36	4.92±0.35	4.92±0.27
30 sec.	4.92±0.26	4.74±0.27	4.75±0.25	4.58±0.32	4.54±0.31
60 sec.	4.92±0.24	4.89±0.38	4.67±0.27	4.16±0.36	4.98±0.45
300 sec.	4.92±0.26	4.61±0.34	4.76±0.31	4.67±0.39	5.18±0.46
600 sec.	4.92±0.28	4.83±0.27	4.34±0.41	4.99±0.42	4.54±0.39
AV savas	Kontroll	H ₂ O	60 ppm	120 ppm	180 ppm
0 sec.	4.90±0.17	4.90±0.24	4.90±0.26	4.90±0.28	4.90±0.22
30 sec.	4.90±0.23	4.74±0.27	4.75±0.28	4.58±0.27	4.54±0.25
60 sec.	4.90±0.26	4.81±0.27	4.67±0.28	4.15±0.31	4.16±0.27
300 sec.	4.90±0.24	4.66±0.24	4.51±0.24	3.90±0.28	3.89±0.24
600 sec.	4.90±0.21	4.66±0.23	4.51±0.29	3.90±0.26	3.89±0.26



28. ábra: savas aktív vizes kezelés azonnali hatása az összcsíraszámra az idő függvényében



29. ábra: savas aktív vizes kezelés azonnali hatása az összcsíraszámra a koncentráció függvényében

Összevetve a kétféle aktív vizet, az azonnali hatás vizsgálatakor megállapítható, hogy a Steriplan Swiss AG savas kémhatású termékének hatása bizonyíthatóan fokozottabb volt a REDO

W. S. Kft kevert termékénél. Az $\lg(N_0/N)$ előbbi esetben $\lg N$ 1,0 míg utóbbinál $\lg N$ 0,76 volt. Hasonló eredményeket tapasztaltak *Alosa sapidissima* (Xu és mtsai., 2014) és ponty (Mahmoud és mtsai., 2004) esetében.

A *S. typhimurium*- és *L. monocitogenes*-számra gyakorolt azonnali hatás vizsgálatának eredményei a 7. táblázatban láthatóak. Ha a koncentrációk hatását vetjük össze a kontrollminta értékeivel, a 140 ppm klórkoncentrációjú savas aktív vizes kezelés tér el szignifikánsan. ($F(4) = 3,969$; $p = 0,022$). A statisztikai vizsgálat eredményei a IV. és V. Mellékletben találhatóak. A post-hoc teszt alapján pedig ez a különbség abból adódik, hogy a 140 ppm koncentrációjú víz hatása tér el szignifikánsan a kontrolltól.

7.táblázat: *S. typhimurium*. és *L. monocitogenes*. csíraszám-változása a kezelések hatására

<i>Salmonella typhimurium</i> mikrobaszám (\log_{10}TKE/g)				
AV savas	Kezelési idő 0 (sec)	Kezelési idő (30 sec)	Kezelési idő (120 sec)	Kezelési idő (600 sec)
Kontroll	7.86±0.22			
10 ppm		7.47±0.25	7.14±0.21	6.89±0.16
50 ppm		7.00±0.18	6.57±0.24	6.08±0.18
100 ppm		6.13±0.17	5.49±0.23	4.94±0.18
140 ppm		4.79±0.19	3.93±0.19	3.32±0.14
<i>Listeria monocitogenes</i> mikrobaszám (\log_{10}TKE/g)				
AV savas	Kezelési idő 0 (sec)	Kezelési idő (30 sec)	Kezelési idő (120 sec)	Kezelési idő (600 sec)
Kontroll	8.29±0.34			
10 ppm		7.98±0.11	7.55±0.09	7.11±0.1
50 ppm		6.85±0.12	6.43±0.10	6.35±0.2
100 ppm		6.11±0.04	5.78±0.08	4.99±0.11
140 ppm		5.32±0.07	4.85±0.06	4.32±0.12
<i>Salmonella typhimurium</i> mikrobaszám (\log_{10}TKE/g)				
AV kevert	Kezelési idő 0 (sec)	Kezelési idő (30 sec)	Kezelési idő (120 sec)	Kezelési idő (600 sec)
Kontroll	7.75±0.25			
10 ppm		7.53±0.21	7.44±0.29	7.12±0.16
50 ppm		7.11±0.23	7.10±0.34	6.98±0.28
100 ppm		6.98±0.14	6.86±0.32	6.59±0.37
140 ppm		6.75±0.36	6.43±0.27	6.32±0.29
<i>Listeria monocitogenes</i> mikrobaszám (\log_{10}TKE/g)				

AV kevert	Kezelési idő 0 (sec)	Kezelési idő (30 sec)	Kezelési idő (120 sec)	Kezelési idő (600 sec)
Kontroll	8.11±0.28			
10 ppm		7.86±0.29	7.58±0.31	7.15±0.25
50 ppm		7.85±0.43	7.40±0.35	6.35±0.2
100 ppm		6.11±0.04	5.78±0.08	5.85±0.4
140 ppm		5.32±0.07	4.85±0.06	5.12±0.45

Amennyiben az idő a csoportosító tényező, akkor viszont nem szignifikáns a különbség $F(3) = 2,261$; $p = 0,121$), tehát az idő nem befolyásolja szignifikánsan a kezelés hatásosságát.

5.3.2 A tárolási próba mikrobiológiai vizsgálatának eredménye

Az elektrolizált aktív vizes kezelések azonnali hatásainak vizsgálati eredményei alapján a tárolási próba kísérleteihez 100ppm és 140ppm közötti kloridion koncentrációjú savas és kevert aktív vízzel végeztem kísérleteket. 12 napos tárolási próbát végeztünk, amelynek eredményei a 8. számú táblázatban láthatóak.

8. táblázat: A tárolási próba mikrobiológiai vizsgálatának eredménye

Összcsíraszám (\log_{10} TKE/g)								
AV kevert	0. nap	1. nap	2. nap	4. nap	6. nap	8. nap	10. nap	12. nap
120 ppm	3.08±0.20	2.00±0.15	3.18±0.21	3.61±0.14	4.67±0.25	4.99±0.30	5.07±0.19	5.67±0.34
H₂O	3.08±0.20	2.95±0.15	3.00±0.21	3.86±0.14	4.72±0.25	5.16±0.30	5.68±0.19	5.98±0.34
AV savas	0. nap	1. nap	3. nap	5. nap	7. nap	9. nap	11. nap	12. nap
120 ppm	3.47±0.22	2.48±0.18	3.32±0.23	3.54±0.15	3.65±0.23	4.16±0.32	4.65±0.19	5.19±0.27
H₂O	3.47±0.21	3.44±0.19	4.29±0.24	4.28±0.12	4.43±0.25	5.34±0.27	5.74±0.17	6.23±0.31
Enterobaktériumszám (\log_{10} TKE/g)								
AV kevert	0. nap	1. nap	2. nap	4. nap	6. nap	8. nap	10. nap	12. nap
120 ppm	1.00±0.07	1.00±0.08	1.00±0.06	1.00±0.08	1.00±0.1	1.00±0.06	1.00±0.07	1.00±0.09
H₂O	1.00±0.09	1.00±0.11	1.00±0.09	1.00±0.1	1.00±0.09	1.00±0.06	1.00±0.08	1.00±0.11
AV savas	0. nap	1. nap	3. nap	5. nap	7. nap	9. nap	11. nap	12. nap
120 ppm	1.00±0.07	1.00±0.04	1.00±0.08	1.00±0.11	2.00±0.12	2.00±0.13	2.90±0.11	2.60±0.17
H₂O	1.00±0.05	1.7±0.07	1.70±0.06	1.90±0.12	2.50±0.12	2.60±0.14	2.70±0.11	3.40±0.19

A REDO Water System Kft. kevert AV-zel végzett tárolási kísérlet eredményének értékeléséből megállapítottam, hogy nem mutatható ki szignifikáns különbség a tartós hatás tekintetében. Az Enterobacteriaceae mérések alapján, a kevert AV-vel kezelt mintasorozatban nem tapasztaltam, hogy a növekedési fázisban a csíraszám emelkedett volna. Az savas AV-vel kezelt mintasorozatban a 7. napon tapasztaltam először egy nagyságrendnyi Enterobacteriaceae csíraszám növekedést

A statisztikai vizsgálat eredményei a VI. Mellékletben találhatóak. A két tényező variancia-analízis szignifikáns különbséget mutatott ki a két féle kezelés között. A kontroll mintához képest a kezelés a tárolás során végig egy nagyságrendnyi különbséget eredményezett. (**F = 0,294; p = 0,59**).

Az összcsíraszám adatsorait párosított t-próbával elemezve azonban az savas aktív vízzel kezelt minták esetében szignifikáns eredményt kaptam.

$$t(7) = -0,6426; p < 0,001$$

A kevert AV-el kezelt minták esetében így sem tudtam szignifikáns hatást elérni.

$$t(7) = -2,104; p = 0,073$$

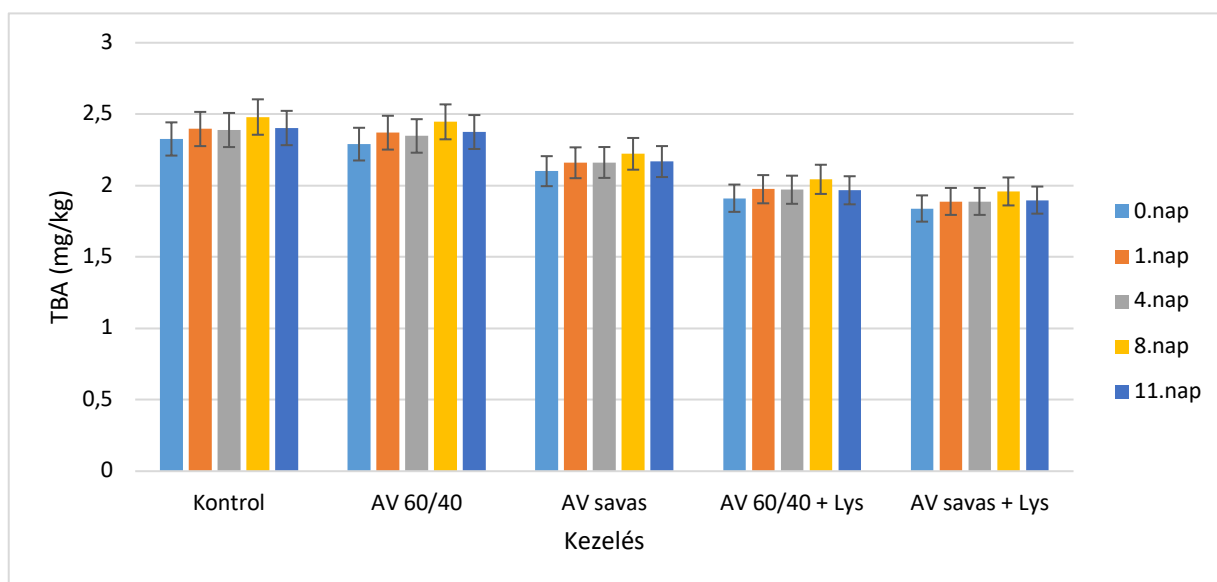
Az Enterobacteriaceae-minták esetében a kevert AV-vel kezelt mintákon mért alacsony sejtszám miatt, csak az AV savas adatsort elemeztem a párosított t-próbával, amely szignifikáns eredményt mutat.

$$t(7) = -3,713; p = 0,008$$

5.4 Aktív víz és lizozim vagy tejsav kombinált kezelésének hatása a pontyhús eltarthatóságára

5.4.1 TBA-szám

A hálhús zsírsavtartalmának oxidációs változását, avasodását a 30. ábra mutatja.



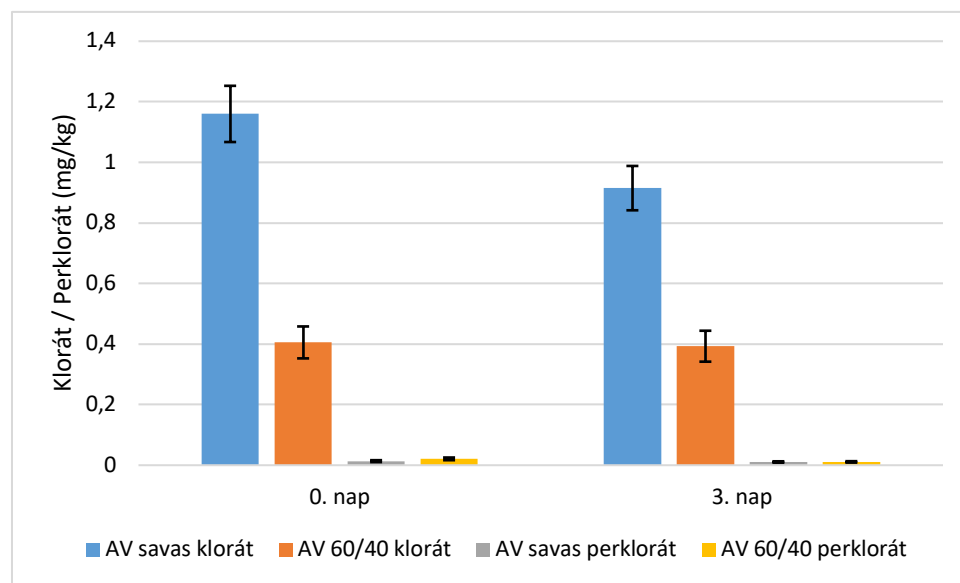
30. ábra: A halfilék TBA-számváltozása a kontroll, az aktív vízzel és az aktív víz-lizozim kombinációval kezelt mintákon a tárolás alatt

Az aktív vízzel, valamint aktív vízzel és lizozimmal kezelt és kontroll-halfilék között nem tapasztaltam jelentős különbséget oxidációs szempontból. Hasonló eredményekről számolnak be más kutatások is, ahol a közel 10 napos tárolás során sem történtek lényeges változások (Gelman

et al., 1990). A kezelések nem befolyásolták a halhús zsírsav-oxidációját. Épp ellenkezőleg, még alacsonyabb TBA-értékeket is eredményeztek a kombinált kezelések.

5.4.2 Maradék klorát és perklorát meghatározása

A klorát és perklorát mérésének eredményeiből (31. ábra) megállapítottam, hogy a savas aktív vízzel kezelt minták esetében a 0. napon és a 3. napon is magas volt a maradékklorát-tartalom. A kevert vízzel kezelt minták esetében azonban határérték alatti kloráttartalmat mértem. A kezeletlen kontrollminták mérési eredményei teljesen negatívak voltak. Perklorátmérés kizárólag a savas aktív vízzel kezelt minták esetében eredményezett a kimutathatósági határérték feletti értékeket.



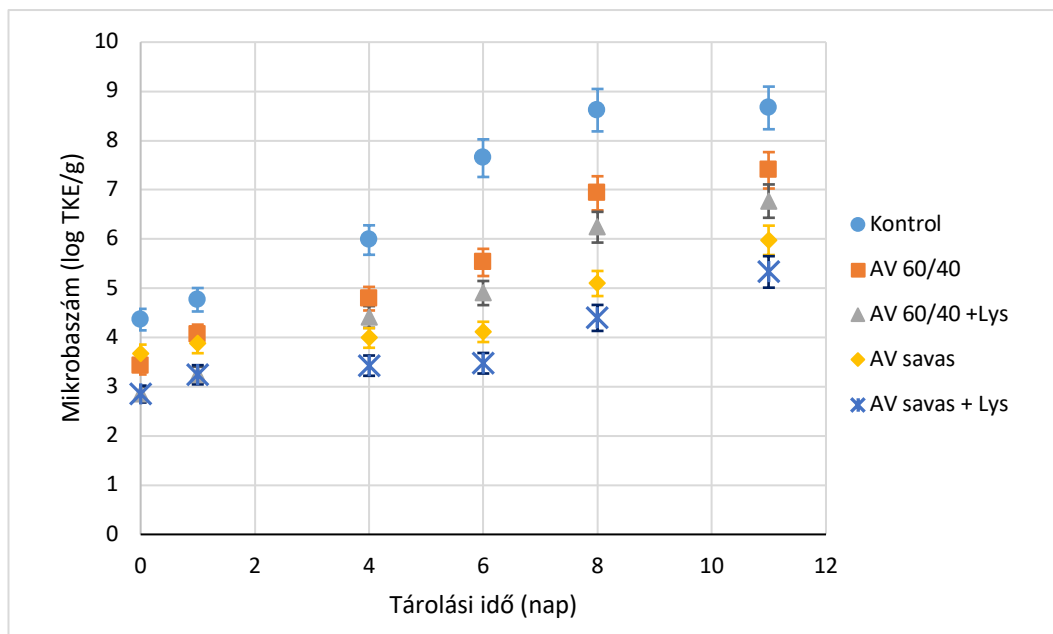
31. ábra: A halfilék maradékklorát- és perklorát-tartalma kevert aktív vízzel és savas vízzel kezelt minták esetén

5.4.3 Aerob mezofil összcsíraszám meghatározása

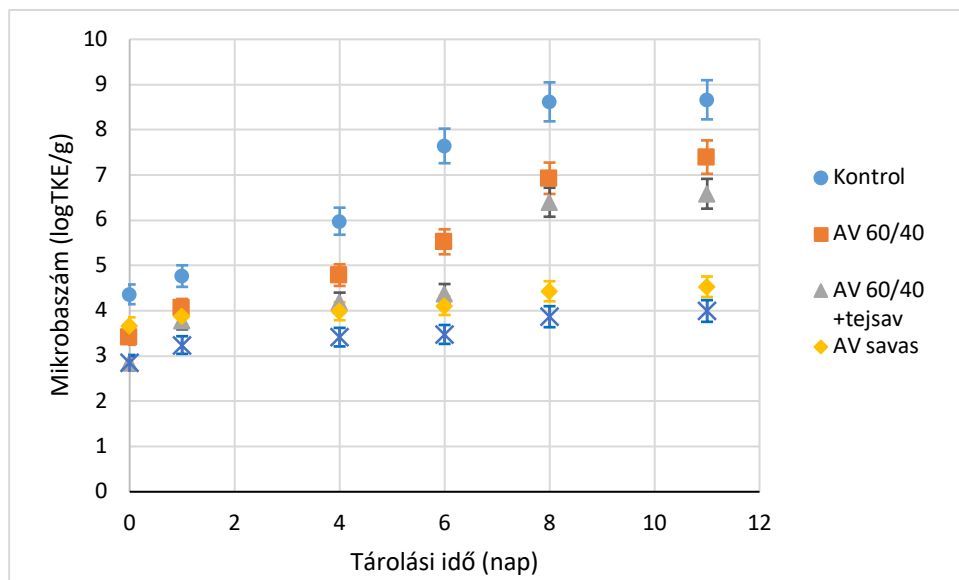
Az összcsíraszám adata (32. és 33. ábra) a kontrollminta esetében jól tükrözi, hogy milyen rövid idejű a pontyfilék eltarthatósága normál vákuumcsomagolásban. A mikrobaszám már az 5. napon eléri a $N = 10^7$ nagyságrendet, amelynél a romlásra utaló érzékszervi tulajdonságok megjelennek (Broekaert et al., 2011). Így ez a mikrobás eredetű romlás határértékének tekinthető. Élelmiszerminőség szempontjából így kevesebb mint 3-4 nap a fogyaszthatóság ideje.

A 60:40 arányban kevert, semleges kémhatás közeli aktív vízzel történő mosásnak köszönhetően azonban egy nagyságrenddel csökkent az összcsíraszám értéke. Ezek az eredmények egybevágóak az aktív víznek a halhús felületére és a hal bőrére kifejtett hatását igazoló korábbi kutatásokkal (Mahmoud és mtsai., 2004; Ozer és Demirci, 2006). A csíraszámcsökkentő hatás a tárolási próba minden mérési napjára megfigyelhető. Így a kritikus $N = 10^7$ nagyságrendértéket csak a 8. napon éri el a termék.

A lizozim és tejsav aktív vízzel történő együttes használata tovább csökkentette a kezdeti összcsíraszámot, de az enzim a tárolás során nem fejtett ki további mikrobagátló hatást. A tárolás időtartama során végig kimutatható volt egy nagyságrendnyi különbség az aktív vizes és a kombinált kezeléssel kezelt halfilén mért összcsíraszám között, amely a lizozim enzim és tejsav kezdeti csíraszámot csökkentő additív hatásának tudható be. A pontyfilé kombinált kezelése így közel megduplázza a fogyaszthatósági időtartamot. A savas kémhatású aktív vízzel kezelt minták esetében a 60:40 arányban kevert aktív víz hatásához képest az azonnali hatásban nem mértem szignifikáns különbséget, de a mikrobák lag fázisának elnyúlása figyelhető meg. A tárolás ideje alatt ezért a savas aktív víz hatása a kevert vízhez képes szignifikánsan nőtt. A savas vízzel és lizozim enzimmal kombinált kezelés hatására egy nagyságrendnyi csíraszámcsökkenést értem el, amely a tárolás ideje alatt mindvégig fennmaradt. A savas vízzel, illetve annak lizozim enzim és tejsavas kezeléssel való kombinációjának hatására a 11. mérési napon sem érte el a vizsgált mintákon a mikrobák csíraszámát a 10^6 nagyságrendet. Ez alapján kijelenthetjük, hogy a savas vizes kezelés hatására mikrobiológiai szempontból a pontyfilé akár 11 napig is eltartható.



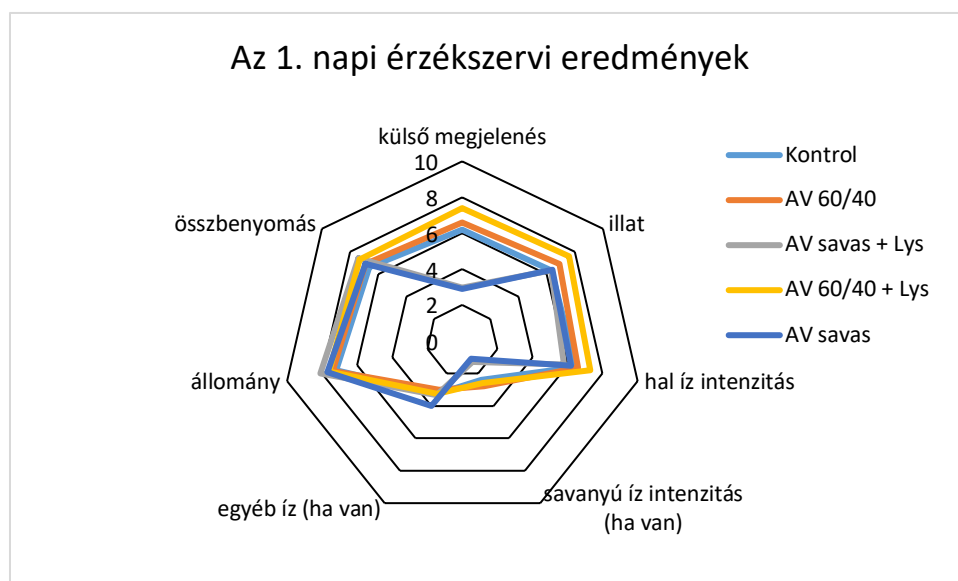
32. ábra: A halfilé összcíraszám-változása, aktív víz és lizozim aktív vízzel kombináltan történő alkalmazása során a tárolás alatt



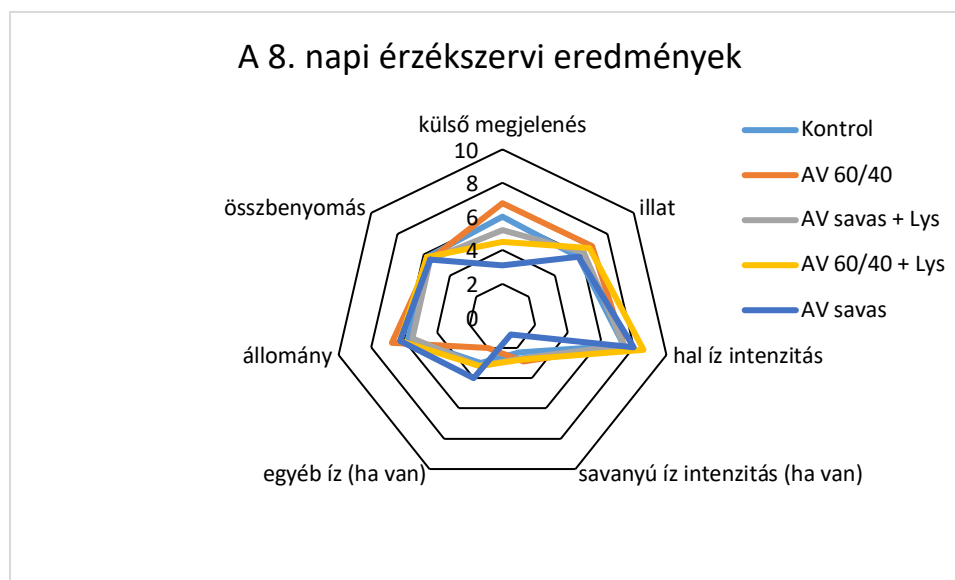
33. ábra: A halfilék összesírszám-változása, aktív víz és tejsav aktív vízzel kombináltan történő alkalmazása során a tárolás alatt

5.4.4 Érzékszervi minősítés

Az első és a nyolcadik napok vizsgálati eredményeit (34. és 35. ábra) mutatom be, tekintve, hogy a kiindulásnál a legkisebbek a differenciák, és az utolsó vizsgálati napon a legnagyobbak, illetve a tárolás teljes időtartama alatt, jellemzően nem voltak szignifikáns változások az érzékszervi tulajdonságokban. Ezáltal a valószínűsíthető legkisebb és legnagyobb differenciák megjelenését mutatjuk be.



34. ábra: A halfilék érzékszervi bírálatának eredményei lizozim aktív vízzel kombináltan történő alkalmazása során az 1. napon



35. ábra: A halfilék érzékszervi bírálatának eredményei lizozim aktív vízzel kombináltan történő alkalmazása során a 8. napon

A lizozimal kombinált kezelések esetében szignifikánsan kedvezőbbnek találták a bírálók a halfiléket külső megjelenés és illat szempontjából az önállóan aktív vízzel kezelt mintákhoz képest. A 8. napra azonban a bírálók értékelése alapján csökkent a különbség a kezelt és a kezeletlen kontroll halfilék érzékszervi tulajdonságai között. Megállapítottam, hogy a tárolás teljes ideje alatt nem történt lényegi változás, a bírálók nem, vagy csak kicsivel jobbnak érzékelték a kezelés hatását érzékszervi szempontokból.

A savas vízzel kezelt termékek esetében azonban már a kezelés napján érzékelhető volt a termék külső megjelenésének változása, valamint fokozottabb savanyú íz megjelenése. A pontyhús színének változását feltételezhetően az alacsony pH hatására végbemenő savas hidrolízis okozta, így a termék érzékszervi tulajdonságaiban szignifikáns különbség volt észlelhető mind a kontroll-, mind pedig a 60:40 arányban kevert aktív vízzel kezelt termékekhez képest.

Kísérleteim eredményei alapján azt a következtetést vontam le, hogy mind a savas elektrolizált vizes, lizozim enzimmel és tejsavval kombinált, kezeléssel, mind a 60:40 arányban kevert, semleges pH közeli kémhatású elektrolizált aktív víz lizozim enzim és tejsavas felületkezeléssel való kombinálása hatékonyan csökkenti a pontyhús felületén a romlást előidéző mikroorganizmusok számát. A két kezelés kombinálása additív előnyökkel jár, és az eljárás az ultrafriss termékek eltarthatóságát 6 nappal meghosszabbíthatja, így ipari alkalmazása jelentős gazdasági előnyökkel járhat. Xu és mtsai. (2014) szintén azt tapasztalták, hogy az elektrolizált aktív vízzel és chitosannal végzett kombinált kezelés nem csak lassította a mikroba szaporodást, de kedvezőbb érzékszervi minőséget is eredményezett a kizárólag aktív vizes kezeléshez képest. A savas víz önálló vagy kombinált alkalmazása az elnyújtott hatás miatt tovább növelte ugyan a pontyfilé eltarthatóságát mikrobiológiai szempontból, de a termék érzékszervi tulajdonságait,

elsősorban a színét érzékelhető mértékben befolyásolta. Az alkalmazott koncentrációban a pontyhúson visszamaradó klorát mértéke mindkét típusú aktív vizes kezelés esetében meghaladta az engedélyezett határértéket. Ugyanakkor szükségesnek vélem az elektrolizált aktív víz, különös tekintettel a savas aktív víz alkalmazásának módszertanát további vizsgálatok által optimalizálni, tekintettel az eltarthatóságra gyakorolt elnyújtott hatásra, valamint a klorát humán szervezetre kifejtett egészségkárosító hatásaira és az általam tapasztalt, az EFSA által javasolt 0,7 mg/kg az élelmiszerrel elfogyasztott elméleti határértéket meghaladó (EFSA, 2015) maradék klorát mennyiségére.

5.5 Kombinált kezelés savas aktív víz, lizozim enzim és tejsav alkalmazásával

5.5.1 Mikrobiológiai elemzések

Az AV (pH = 2,5, szabadon elérhető klórtartalom 100 mg/l), 2%-os tejsav oldattal és 0,5% lizozim enzim oldattal történő kombinált kezelésének a TKE-re, az *Enterobacteriaceae*-számra és az anaerob mezofil mikrobaszámra gyakorolt hatásait a 0., 1., 2., 4. és 7. tárolási napon vizsgáltam.

9. táblázat: A kezelések összcsíraszámra gyakorolt hatása.

Kezelés	Összcsíraszám (\log_{10} TKE/g \pm szórás)				
	0. nap	1. nap	2. nap	4. nap	7. nap
Kontroll	4.86 \pm 0.17 ^a	6.22 \pm 0.42 ^a	7.11 \pm 0.26 ^a	8.83 \pm 0.09 ^a	9.24 \pm 0.13 ^a
H₂O	3.93 \pm 0.31 ^b	5.36 \pm 0.22 ^b	6.21 \pm 0.33 ^b	8.22 \pm 0.26 ^b	8.47 \pm 0.21 ^b
AV	2.87 \pm 0.12 ^d	4.10 \pm 0.29 ^d	4.78 \pm 0.23 ^d	6.27 \pm 0.26 ^d	6.76 \pm 0.26 ^c
AV+H₂O	3.43 \pm 0.25 ^c	4.77 \pm 0.55 ^c	5.63 \pm 0.36 ^c	6.63 \pm 0.20 ^c	7.04 \pm 0.27 ^c
AV+Liz	2.34 \pm 0.19 ^e	3.39 \pm 0.13 ^e	4.15 \pm 0.22 ^e	5.39 \pm 0.26 ^g	6.10 \pm 0.36 ^d
AV+H₂O+Liz	2.93 \pm 0.42 ^{cd}	4.24 \pm 0.31 ^d	4.77 \pm 0.38 ^{cd}	6.00 \pm 0.13 ^e	6.36 \pm 0.22 ^d
AV+Tejsav	2.16 \pm 0.36 ^e	3.62 \pm 0.10 ^e	3.72 \pm 0.07 ^e	5.07 \pm 0.06 ^h	5.64 \pm 0.20 ^e
AV+H₂O+Tejsav	3.21 \pm 0.55 ^d	4.34 \pm 0.35 ^d	4.29 \pm 0.49 ^d	5.73 \pm 0.13 ^f	6.08 \pm 0.10 ^d

Ahogy az a 9. táblázatban is látható, a kontrollminták összcsíraszámja egyértelműen tükrözi a friss vákuumcsomagolt hal eltarthatóságának rövidségét, mivel a második tárolási napon elérte a 10^7 TKE/g kritikus értéket (Broekaert és mtsai., 2011), amely a mikrobiológiai romlás küszöbének tekinthető. A mosatlan minták esetében mind az elektrolizált aktív vizes, mind a kombinált kezelések azonnal szignifikáns ($P < 0,05$) eltérést eredményeztek (2,0-2,5 log) a kontroll minta összcsíraszámához képest. Ez a különbség a tárolás végéig fennmaradt. Hasonló eredményeket tapasztaltak *Alosa sapidissima* (Xu és mtsai., 2014) és ponty (Mahmoud és mtsai., 2004) esetében is, 1,5-2, log TKE/g csökkenést tapasztalva a tárolás során. A kombinált kezelések esetében ehhez képest csak kis mértékű volt a baktériumcsökkentő hatás a tárolás 7. napjáig. Annak ellenére, hogy a lizozim enzim optimális aktivitását 5,3-6,4 pH-n jelentették (Abdou és

mtsai., 2013), kimutatták, hogy szélesebb pH-tartományban, 4-10-es pH között is aktív (Chung és Hancock, 2000).

A lizozim azonnali hatása körülbelül 0,5 log TKE/g különbséget okozott az elektrolizált aktív vizes és a kombinált kezelés között. Ez a különbség tovább nőtt a hétnapos tárolás során. A minták mosása az aktív vizes kezelése után nem eredményezte a lizozim enzim hatékonyságának növekedését. Ez arra enged következtetni, hogy a savas aktív vizes kezelés körülményei nem befolyásolták a lizozim enzim hatékonyságát. A tejsavval végzett kombinált kezelés további 1 log csökkenést eredményezett a tárolás hét napja során. Hasonló eredményeket kaptak hűtött marhahús (Gill és Badoni, 2004) és vákuumcsomagolt marhahús (Signorini, 2005) kezelése után 2% és 3% tejsavoddal, amely 1 log TKE/g csökkenést eredményezett.

A mérések során bebizonyosodott, hogy az elektrolizált aktív vizes kezelés utáni mosás csökkentette annak hatékonyságát, mivel szignifikáns különbséget tapasztaltam a mosott és mosatlan minták összcsíraszám között. Azonban az aktív vizes kezelés lemosással kombinálva is sikeresen megnövelte a minták eltarthatóságát, 1,4-2,2 log TKE/g különbséget fenntartva a kontrollmintához képest.

A mosott és nem mosott minták közötti kontraszt azt mutatja, hogy a kezelés után a klór lényeges szerepet játszik a felületen, amelyet mosással részben eltávolítottunk. Len és munkatársai (2002) arról számoltak be, hogy az elektrolizált aktív vizes kezelés egyik fő korlátozó tényezője a tárolás során bekövetkező klorátvesztés, amelyet főleg az oldott klórgáz párolgása okoz. Zárt vákuumban, csomagolt körülmények között azonban a klorátvesztés jelentősen csökken, növelve baktériumölő aktivitását. Összességében minden kezelés hatékonyan megnövelte a minták eltarthatóságát a kontrollcsoportéhoz képest, a leghatékonyabb 5 nappal meghosszabbítva azt.

10. táblázat: A kezelések mezofil anaerob csíraszámra gyakorolt hatása

Kezelés	Mezofil anaerob telepek száma (log ₁₀ TKE/g±szórás)				
	0. nap	1. nap	2. nap	4. nap	7. nap
Kontroll	4.39±0.20 ^a	5.75±0.17 ^a	6.51±0.27 ^a	6.55±0.26 ^a	7.29±0.15 ^a
H₂O	3.85±0.22 ^b	5.41±0.12 ^a	6.03±0.17 ^b	6.75±0.28 ^a	7.31±0.50 ^a
AV	2.76±0.58 ^{cde}	3.30±0.43 ^{cd}	4.30±0.33 ^{cd}	5.14±0.40 ^d	5.89±0.05 ^c
AV+H₂O	3.16±0.57 ^c	4.11±0.34 ^b	4.63±0.18 ^c	5.86±0.08 ^b	6.92±0.11 ^b
AV+Liz	2.29±0.26 ^e	2.95±0.26 ^d	3.61±0.26 ^f	4.57±0.21 ^e	5.28±0.16 ^d
AV+H₂O+Liz	2.84±0.08 ^c	4.07±0.55 ^b	4.23±0.15 ^d	5.21±0.09 ^d	5.86±0.12 ^c
AV+Tejsav	2.27±0.22 ^e	3.15±0.18 ^d	3.84±0.43 ^{ef}	4.56±0.23 ^e	5.38±0.14 ^d
AV+H₂O+Tejsav	2.60±0.36 ^{de}	3.75±0.67 ^{bc}	4.05±0.13 ^{de}	5.53±0.15 ^c	5.95±0.18 ^c

Ugyanezek a tendenciák figyelhetők meg a mezofil anaerob mikrobaszám eredményein is (10. táblázat). Az AV alkalmazása több mint egy nagyságrendnyi csökkenését okozott a tárolás során. Ez összhangban van a tilapián (Huang és mtsai., 2006) és az atlanti lazacon (Ozer és Demirci, 2006) végzett vizsgálatok eredményeivel, ahol a mintákat *E. colival* és *L. monocytogenes*-szel oltottak be. Az aktív víz hatása a baktériumok számának csökkenését okozta a halak húsán és bőrén. A TKE-hez képest a mezofil anaerob baktériumok jelentősen alacsonyabb telepszámot értek el. Feltételezem, hogy a tárolási körülmények befolyásolták a TKE és az anaerob mezofil baktériumok számának különbségeit. Mivel a minták 0-2 °C-on voltak tárolva, ez a pszichotróf mikrobák szaporodása számára volt kedvező. Feltehetően az anaerob mikrobák kevésbé voltak hidegkedvelőek a mintákban, tehát tárolásuk során növekedésük lassabb volt a TVC-hez képest.

11. táblázat: A kezelések Enterobaktériumokra gyakorolt hatása

Kezelés	Enterobaktérium-telepek száma (log ₁₀ TKE/g±szórás)				
	0. nap	1. nap	2. nap	4. nap	7. nap
Kontroll	3.49±0.30 ^a	4.58±0.28 ^a	6.16±0.53 ^a	7.41±0.26 ^a	8.04±0.12 ^a
H₂O	2.75±0.39 ^b	4.36±0.18 ^a	5.99±0.20 ^a	6.98±0.05 ^b	7.93±0.12 ^a
AV	1.72±0.03 ^d	2.79±0.20 ^{bc}	4.20±0.41 ^b	4.53±0.48 ^d	4.66±0.28 ^d
AV+H₂O	2.33±0.03 ^c	3.05±0.40 ^b	4.26±0.16 ^b	5.49±0.35 ^c	6.98±0.32 ^b
AV+Liz	1.30±0.32 ^e	2.16±0.28 ^d	3.03±0.13 ^d	3.73±0.10 ^e	4.58±0.27 ^d
AV+H₂O+Liz	1.89±0.49 ^d	2.61±0.30 ^c	4.01±0.29 ^{bc}	4.76±0.56 ^d	5.06±0.43 ^c
AV+Tejsav	1.10±0.32 ^e	1.91±0.34 ^d	3.31±0.22 ^d	4.10±0.16 ^e	4.02±0.25 ^e
AV+H₂O+Tejsav	1.95±0.25 ^{cd}	2.94±0.40 ^{bc}	3.79±0.25 ^c	4.94±0.25 ^d	4.84±0.32 ^{cd}

Ahogy az a 11. táblázatban látható, az AV azonnali hatása 1,78 log TKE/g csökkenést eredményezett az *Enterobacteriaceae*-számban.

Noha a lizozim enzim alacsonyabb hatékonyságú a Gram-negatív mikroorganizmusokkal szemben (Nakimbugwe és mtsai., 2006), a lizozim enzim kombinált kezelésben történő alkalmazása további baktericid hatást mutatott az AV-s kezeléshez képest. Az *Enterobacteriaceae* számának növekedése lassabb volt a tejsavval végzett kombinált kezelés esetén, amely megegyezik a szeletelt lazac (Sallam, 2007) és a baromfiús tejsavkezelésével kapott eredményekkel (Okolocha és Ellerbroek, 2005). Bár az aktív vizes kezelés utáni mosás ebben az esetben is csökkentette annak hatékonyságát, mind a lizozim, mind a tejsav alkalmazása hatásosan kompenzálta a mosásból származó hatékonyságvesztést.

5.5.2 Megmaradó klorát- és perklorát-tartalom

Mivel a minták klorát- és perklorát-koncentrációjának változását az AV-es kezelés után elhanyagolhatónak ítélték vákuumcsomagolt körülmények között, ezeket a koncentrációkat csak közvetlenül a kezelés után mértük (Len et al., 2002). Ahogy a 12. táblázat mutatja, az AV-zel

kezelt minták maradék klorát- és perklorát-tartalma magas volt, meghaladva a 0,01 mg/kg határértéket, valamint az EFSA által élelmiszerekben javasolt 0,7 mg/kg elméleti MRL-t is (EFSA, 2015).

12. táblázat: A kezelés után a maradó klorát és a perklorát koncentrációja a mintákon

Klorát- és perklorát-koncentráció (mg/kg±SD)		
	Klorát	Perklorát
Kontroll	0.011±0.002	<0.01
H₂O	0.106±0.011	<0.01
AV	0.822±0.086	0.014±0.001
AV+H₂O	0.277±0.046	0.012±0.001
AV+Liz	0.669±0.016	0.019±0.002
AV+H₂O+Liz	0.291±0.017	0.015±0.002
AV+Tejsav	0.745±0.044	0.016±0.002
AV+H₂O+Tejsav	0.291±0.028	0.013±0.001

Az elektrolizált aktív vizes kezelés után mosott minták maradék klorát-tartalma azonban a 0,7 mg/kg elméleti küszöbérték alatt maradt. Az európai zöldségfeldolgozók által elrendelt laborvizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a klorát már az ivóvízben is jelen van, így olyan vállalatok is az MRL-hez közeli vagy azt meghaladó értékeket kaptak, amelyek nem is használnak klórozott termékeket a feldolgozó folyamataikban (PROFEL, 2018). A jelenlegi legalizáció betartásának nehézségei jól láthatóak a kontroll minták eredményein, amelyek már egy egyszerű csapvizes mosás után is meghaladták a jelenlegi határértéket.

5.5.3 Érzékszervi értékelés

A halminták érzékszervi bírálatának eredményeit a 13. táblázat tartalmazza. Nem volt szignifikáns különbség a kezelések között ($p < 0,05$), ami azt mutatta, hogy az alkalmazott kezelési módszerek nem voltak negatív hatással a pontyminták szenzoros minőségére. Ezek az eredmények megegyeznek a gömbhalak (Zhou és mtsai., 2011) és fagyasztott garnélarák-minták (Loi-Braden és mtsai., 2005) aktív vizes kezelése során nyert adatokkal, ahol az AV-es kezelésnek nem volt káros hatása az érzékszervi tulajdonságokra.

13. táblázat: Az elektrolizált aktív vizes kezelések érzékszervi tulajdonságokra gyakorolt hatása lizozim enzimmel és tejsavval kombinálva

Kezelés	Összbenyomás	Színezet	Illat	Állomány	Íz
Kontroll	3.96±0.73 ^a	3.92±0.76 ^a	3.84±0.75 ^a	3.88±0.83 ^a	3.96±1.06 ^a
AV	4.16±0.85 ^a	4.28±0.74 ^a	3.96±0.73 ^a	3.72±0.89 ^a	3.92±0.86 ^a
AV+H₂O	4.12±0.93 ^a	4.28±1.06 ^a	3.88±0.88 ^a	3.92±0.91 ^a	3.60±1.04 ^a
AV+Liz	3.76±0.88 ^a	3.88±0.78 ^a	3.48±1.08 ^a	3.64±1.04 ^a	3.40±0.96 ^a
AV+H₂O+Liz	4.16±0.80 ^a	4.20±0.87 ^a	3.76±0.97 ^a	3.40±1.08 ^a	3.60±0.82 ^a
AV+Tejsav	3.96±1.06 ^a	3.92±0.76 ^a	3.86±0.91 ^a	3.88±0.81 ^a	3.56±1.00 ^a
AV+H₂O+Tejsav	3.72±0.94 ^a	3.68±0.85 ^a	3.80±0.96 ^a	3.68±0.62 ^a	3.88±0.86 ^a

Összefoglalva a kombinált kezelések hatását, az elektrolizált aktív víz és a lizozim enzim vagy a tejsav kombinációja további baktericid hatékonyságot mutatott a pontyfilé felületén, amiről eddig más kutatásban még nem számoltak be. Az AV-es kezelés a kombinált kezelésekkel összehasonlítva további csökkenést okozott a romlást okozó mikroorganizmusok számában. A kombinált kezelések az ultrafriss termékek eltarthatóságát több mint 5 nappal meghosszabbították a kontrollcsoportéhoz képest, így ipari alkalmazásuknak jelentős gazdasági hatása lenne. Nem volt olyan kombináció, amely befolyásolta volna a minták érzékszervi tulajdonságait. A savas víz önmagában vagy más anyagokkal kombinálva meghosszabbíthatja a pontyfilé eltarthatóságát mikrobiológiai szempontból, de a maradék klorát mennyisége meghaladja az egészségügyi határértéket zárt vákuumcsomagolásban tárolt körülmények között. Bár a minták mosása a savas elektrolizált aktív vizes kezelés után alacsonyabb mikrobiológiai hatékonyságot eredményezett, a minták maradék klorát-tartalma az elméleti küszöbérték alatt volt. Továbbá a lizozim enzim és a tejsav alkalmazása sikeresen kompenzálta a mosás eredményeként fellépő hatékonyságcsökkenést. Mindazonáltal tanácsos további vizsgálatokat végezni a savas aktív víz alkalmazási módszerének optimalizálása érdekében, különös tekintettel annak meghosszabbított eltarthatóságra gyakorolt hatására és a küszöbértéket meghaladó maradék klorát-mennyiségre.

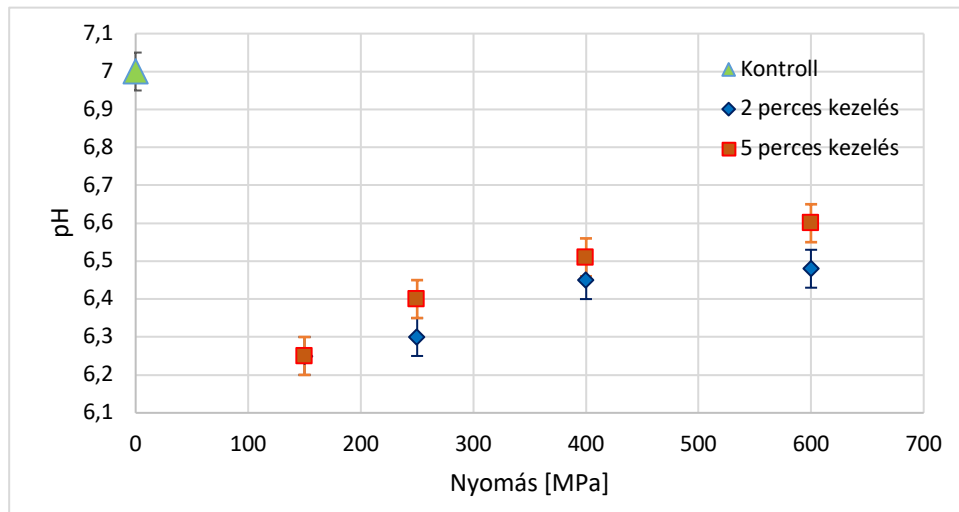
5.6 A HHP-kezelés hatása a ponty húsminőségére

5.6.1 Az 1. kísérletsorozat vizsgálati eredményei

5.6.1.1 A HHP-kezelés hatása a halhús pH-értékére

A 36. ábrán látható a pH-értékek változása a különböző kezelések hatására. Szemügyre vehető, hogy a nyomáskezelések hatására a pH-értékek csökkentek. Minél nagyobb nyomást alkalmaztunk, annál kevésbé csökkent a halfilék pH-értéke. Az alkalmazott kezelési idők (2 és 5

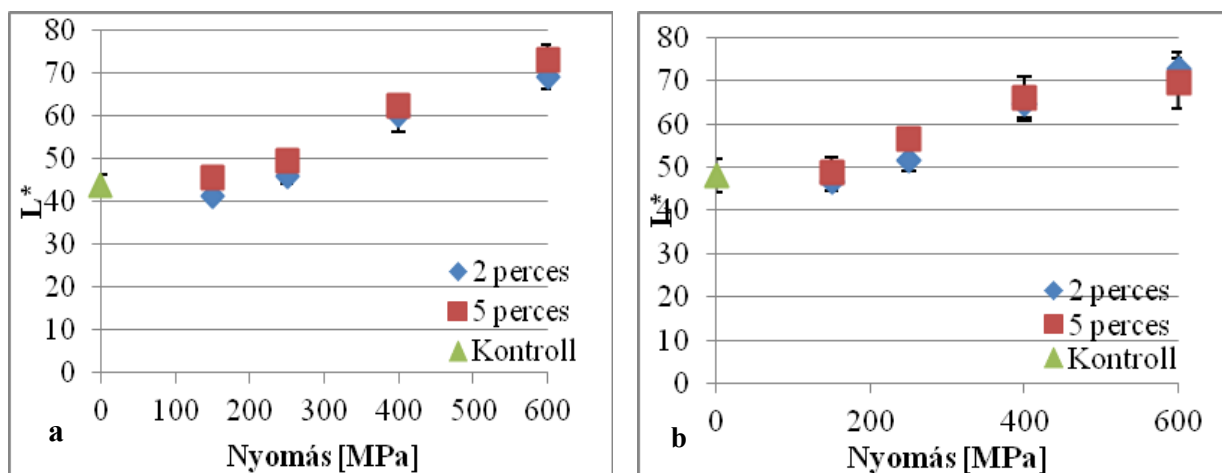
perc) eredményei között azonban nem jelentkeztek lényeges eltérések, így nem volt szignifikáns hatásuk az aktuális savasságra. Briones-Labarca és mtsai (2012) szintén magasabb pH értéket mértek a HHP kezelt hal minták esetében.



36. ábra: Ponty pH-változása nagy hidrosztatikus nyomáskezelés hatására különböző nyomásparaméterek alkalmazásával

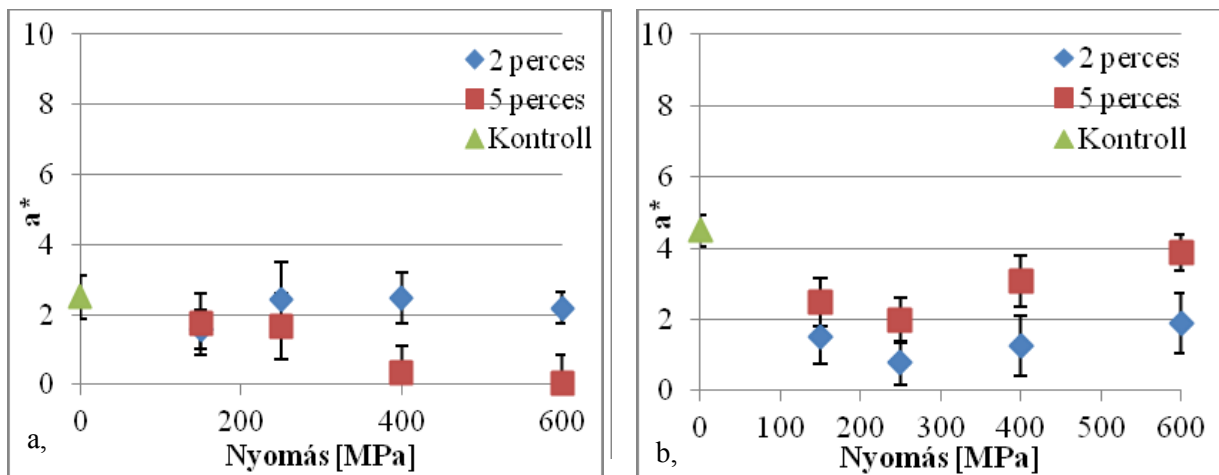
5.6.1.2 A HHP-kezelés hatása a halhús CIELab-színjellemezőire

A nyomáskezeléseknek köszönhetően a minták színezete világosabb lett (37. ábra). Minél magasabb volt az alkalmazott nyomásérték, annál világosabbak lettek a minták. Látható módon a HHP-kezelés a teljes keresztmetszetben hat, ugyanaz a hatás érvényes a felületen, mint a belső rétegekben. A halfilék L^* értékei a kb. 46-os értékről egészen 73-ig emelkedtek, és ez igen jelentős változásnak tekinthető, a kezelt minta jellemzően világosodott.



37. ábra: A világossági tényező változása a nagy hidrosztatikai nyomáskezelés függvényében a pontyfilé felületén (a), illetve belsejében (b)

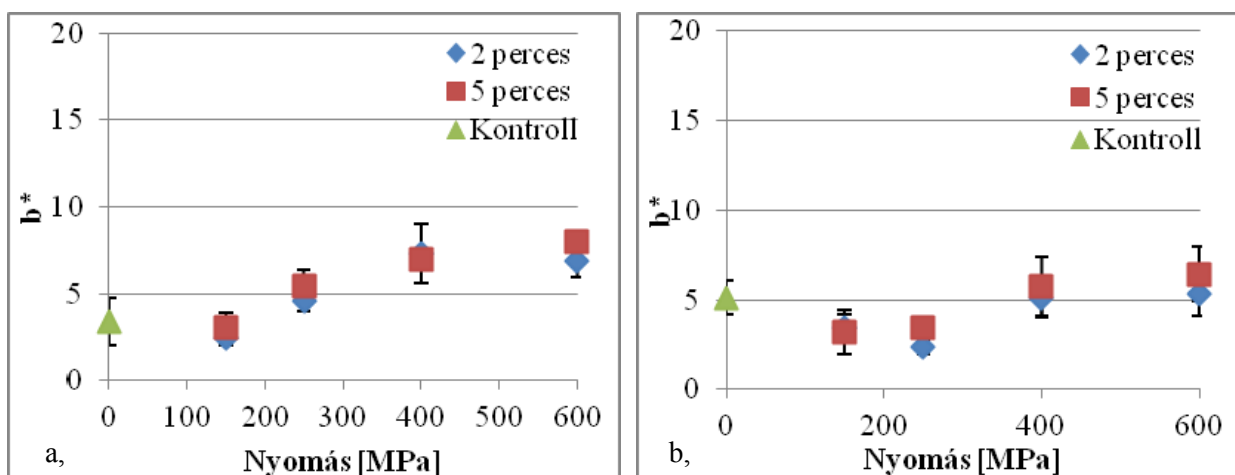
Ez legfőképp annak köszönhető, hogy a fehérjék a nagy nyomásértékeken már lényegesen denaturálódtak. Az alkalmazott nyomáskezelési idők között nem lehetett felfedezni említésre méltó különbségeket.



38. ábra: A vörös-zöld színezet változása a nagy hidrosztatikai nyomáskezelés függvényében a ponty felületén (a), illetve belsejében (b)

A vörös-zöld színezetet illetően megállapítható, hogy a pontyfilék (38. ábra) esetében az a^* értékek esetében a kontrollmintához képest csökkent a minták vörös színintenzitása, függetlenül az alkalmazott nyomásparaméterektől. Ezek a változások azonban minimálisak voltak.

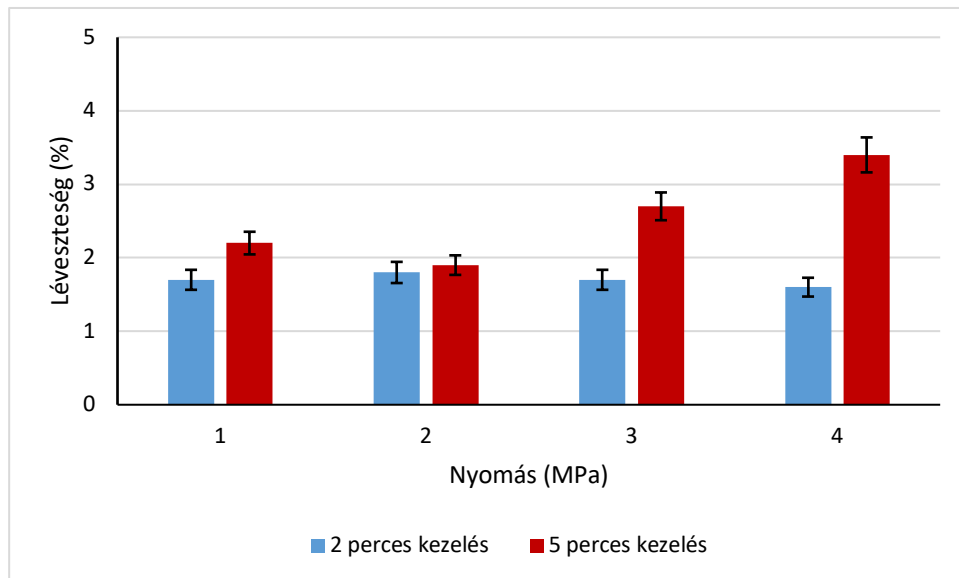
A b^* sárga-kék színtényező értékei a 400 és 600 MPa-os nyomáskezelések esetében kis mértékben növekedtek (39. ábra), vagyis sárgult a minták színezete, azonban ez igen csekély mértékű volt. 150 és 250 MPa alkalmazása esetén lényegi változások nem történtek, és a 2, illetve 5 perc kezelési idők eredményeinek összehasonlítása esetében sem vehetőek észre különbségek. Chevalier és mtsai (2001) mint az L^* , a^* és b^* értékek drasztikus emelkedését tapasztalta a nyomás érték növekedésével rombuszhal (*Scophthalmus maximus*) nyomáskezelése során. Erkan és Üretener (2010) az a^* érték csökkenését és az L^* , b^* értékek növekedését tapasztalta arany durbincs (*Sparus aurata*) nyomáskezelése után.



39. ábra: A sárga-kék színezet változása a nagy hidrosztatikai nyomáskezelés függvényében a ponty felületén (a), illetve belsejében (b)

5.6.1.3 A léveszteség mérésének eredményei

A halfilék léveszteségét a nyomáskezelést megelőző és azt követő tömegmérés eredményeinek ismeretében határoztuk meg az alkalmazott különböző nyomásparaméterek függvényében.

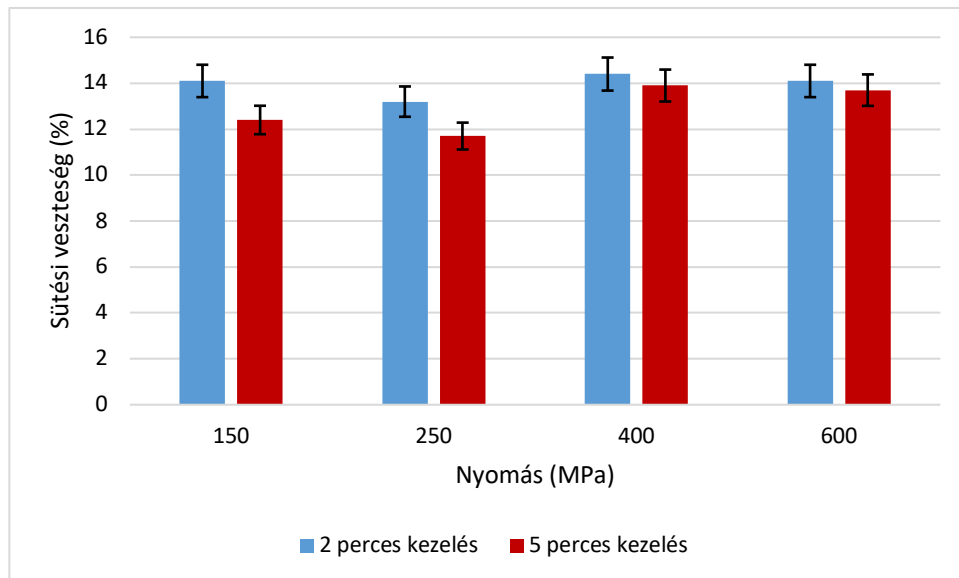


40. ábra: Pontyfilék nagy hidrosztatikai nyomáskezelés hatására bekövetkezett lévesztésege

A nyomásértékek növelésével párhuzamosan a lékiválás mértéke is növekszik (40. ábra). Megállapítható, hogy az 5 perces tartó nyomáskezelések nagyobb mértékű lékiválást eredményeztek, mint a 2 perces kezelések. Elmondható azonban, hogy a lékiválás mértéke az 5 perces 400 és 600 Mpa-os kezeléstől eltekintve mindössze körülbelül 2% volt.

5.6.1.4 A sütési veszteség mérésének eredményei

A nagy hidrosztatikai nyomással kezelt halfiléken hőkezelés előtt és után tömegmérést végeztünk, a 41. ábrán látható módon alakultak a hőkezelési veszteségek. A sütési veszteséget vizsgálva észrevehető, hogy a 2 perces tartó kezelés során nagyobb a hőkezelési veszteség mértéke, mint az 5 perces kezelés esetében. Valószínűleg ez összefüggésben van azzal, hogy a 2 perces kezeléseknek köszönhetően kevesebb lé távozott a halakból, ez a sütés során vált inkább szabaddá, illetve az 5 perces kezelések jobban változtatják a halak textúráját, nehezebben lesz hozzáférhető a szabad víztartalom.

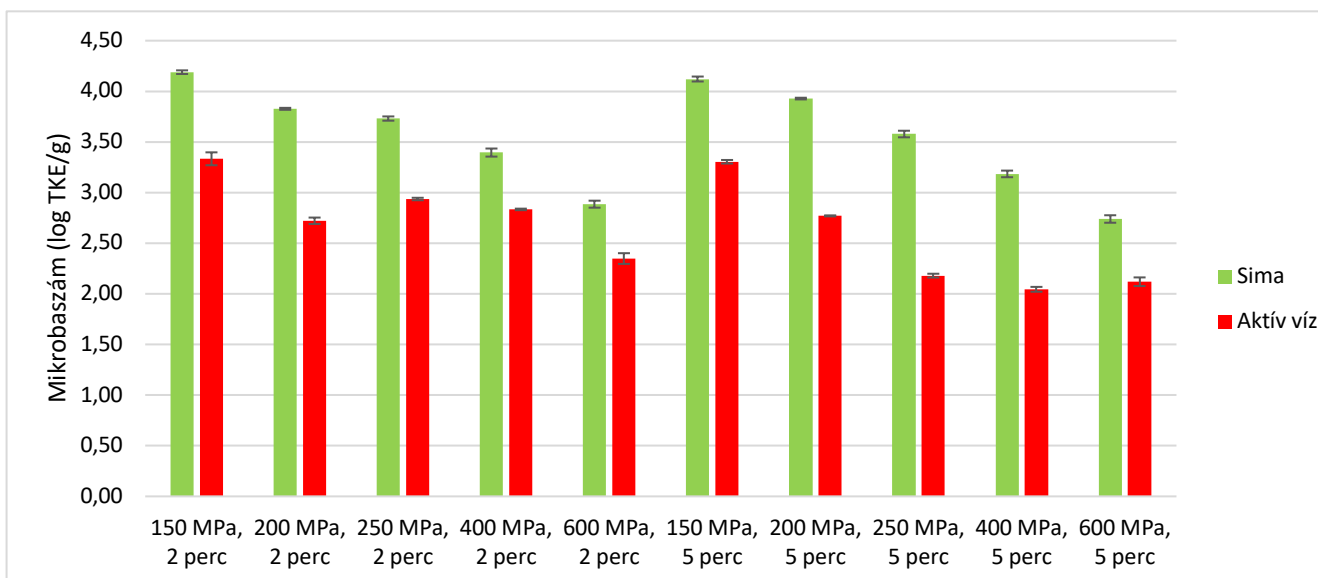


41. ábra: A nagy hidrosztatikai nyomáson kezelt pontyfilé sütési veszteségének alakulása különböző nyomásparamétereken

Az érzékszervi bírálatok alkalmával megállapítottuk, hogy a 400, illetve 600 Mpa-os nyomáskezelt minták állománya gumis, ruganyos, a kontrollmintához képest pedig keményebb. Rághatóság szempontjából a 250 MPa-on kezelt minták bizonyultak a legkedvezőbbeknek.

5.6.1.5 A HHP-kezelés és aktív vizes kombinált kezelés hatása a halhús mikrobiológiai állapotára.

A nyomáskezelés és aktív vizes kombinált kezeléshatására bekövetkező mikrobiológiai változásokat az alábbi grafikon ábrázolja.



42. ábra: Pontyminták mikrobaszámának változása a nagy hidrosztatikus nyomás függvényében

A 42. ábrán jól látható, hogy a nyomásértékek fokozásával folyamatosan csökken a halfilék mikrobaszáma. A 150 MPa-os és 600 Mpa-os nyomáskezelések között már 1 nagyságrendnyi mikrobaszám-csökkenés volt megfigyelhető. A pontyminták nyomáskezelés előtti elektrolizált

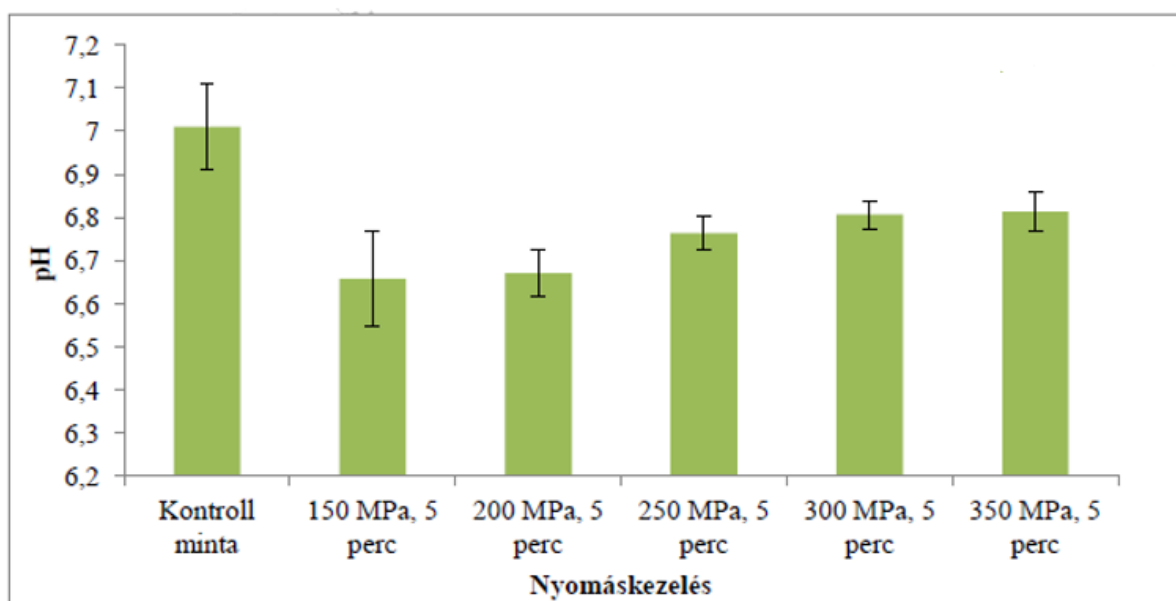
aktív vizes kezelése további 1 nagyságrendnyi mikrobaszám-csökkenést eredményezett. A mikrobiológiai vizsgálat statisztikai elemzése az VII. Mellékletben található.

5.6.2 A 2. kísérletsorozat eredményei

Az 1. kísérletsorozat során a 400, ill. 600 Mpa-os nyomáskezelések már túlságosan nagy mértékben változtatták meg a halfilék frissességét és külső megjelenését. Így a 2. kísérletsorozatban finomítottam az alkalmazott paramétereket, és 150, 200, 250, 300, 350 MPa-os kezeléseket végeztem. Az előző kísérlet tapasztalatai alapján, minden esetben az 5 perces nyomáskezelést alkalmaztam.

5.6.2.1 A pH-mérés eredményei

A kontroll minta 7-es értékű pH-ja, amely tipikusan jellemző friss ponty esetében, a nyomáskezeléseknek köszönhetően csökkent (43. ábra). A halfilékben még nem következett be a *rigor mortis* állapot a kezeléseket megelőzően. A minták pH-értékének csökkenése alapján megállapítható, hogy a különböző nyomások hatására a glikogén megkezdte tejsavvá alakulását. Ez az eredmény arra is utal, hogy a *rigor mortis* beállt a technológia során. A pontymintákat vizsgálva a kezelés nyomásparaméterei szignifikánsan befolyásolták a halhúsban lejátszódó biokémiai folyamatokat, továbbá feltételezhető, hogy a nyomáskezelés hatására megváltozó H⁺-koncentráció állhat a pH csökkenése mögött.

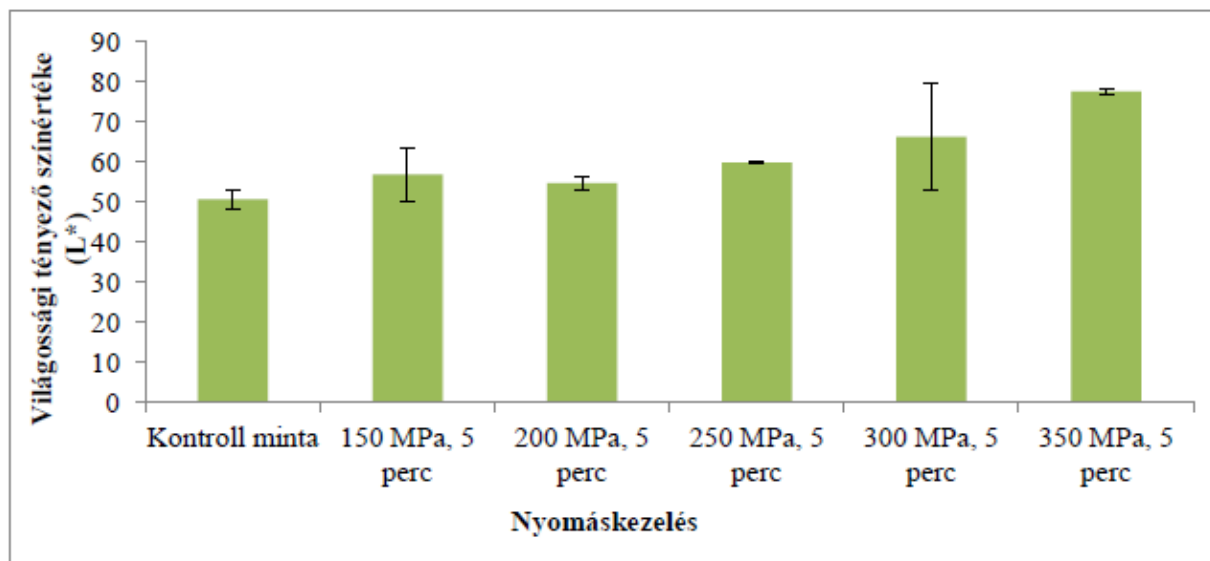


43. ábra: Ponty pH-értékének változása a nagy hidrosztatikai nyomás függvényében

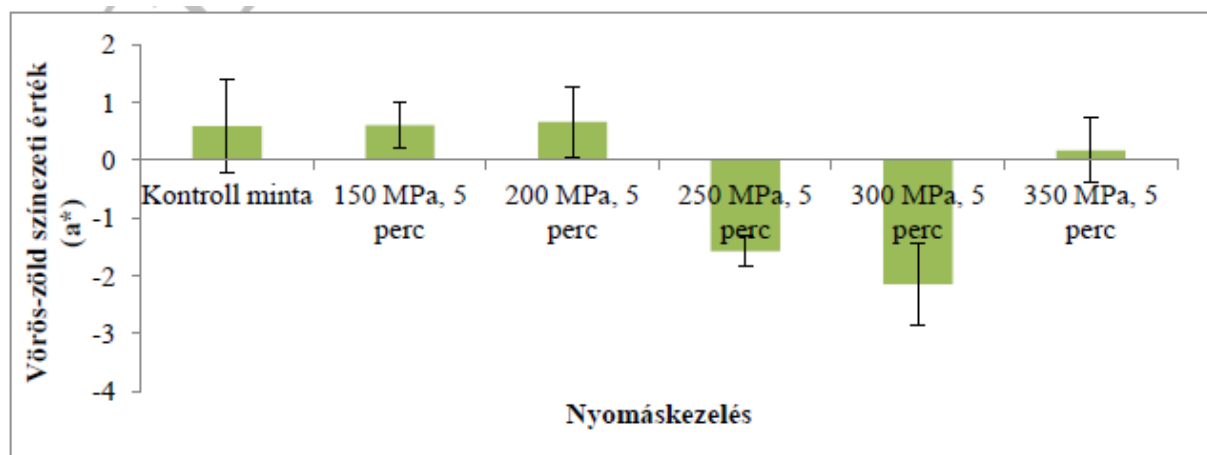
5.6.2.2 A színmérések eredményei

A halhús színezetében a nagy hidrosztatikai nyomáskezelések során szemmel látható változásokat lehetett tapasztalni. A 300 MPa feletti nyomáson a halfilék már elvesztették frissességüket, küllemük a főtség ismérveit mutatta.

A 44. ábrán látható, hogy a nagy hidrosztatikai nyomáson kezelt ponty színezete az alkalmazott nyomásérték növelésével egyre világosabbá vált, amelyet a kezelés hatására kialakult részleges fehérjedenaturáció okozott. Minél nagyobb nyomáson kezeltük a mintát, annál erősebb volt a világosodás értéke. 250 MPa nyomásértéktől még kevésbé, 300 és 350 MPa esetében már jelentősen változott a minták világossága.

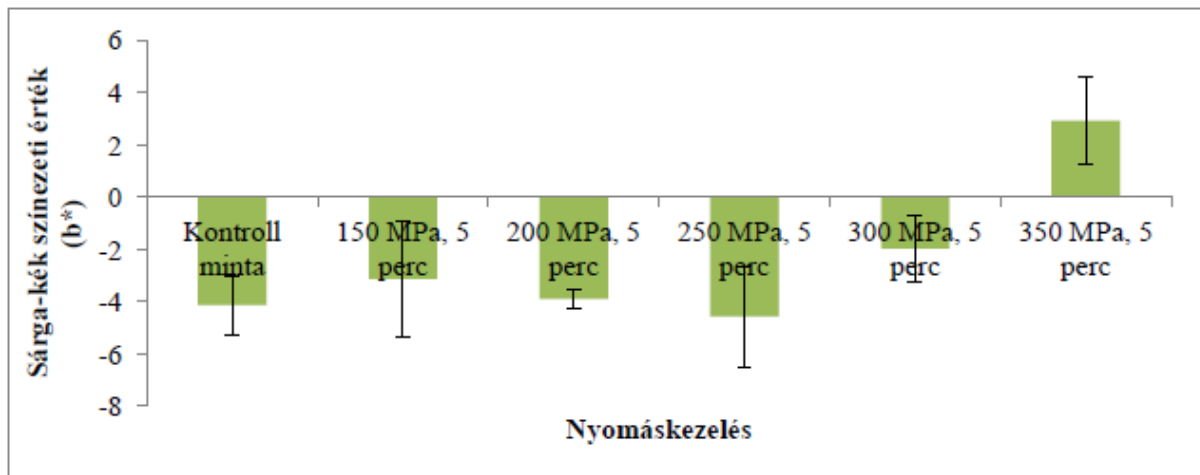


44. ábra: A világossági tényező változása a nagy hidrosztatikai nyomás függvényében a ponty húsán



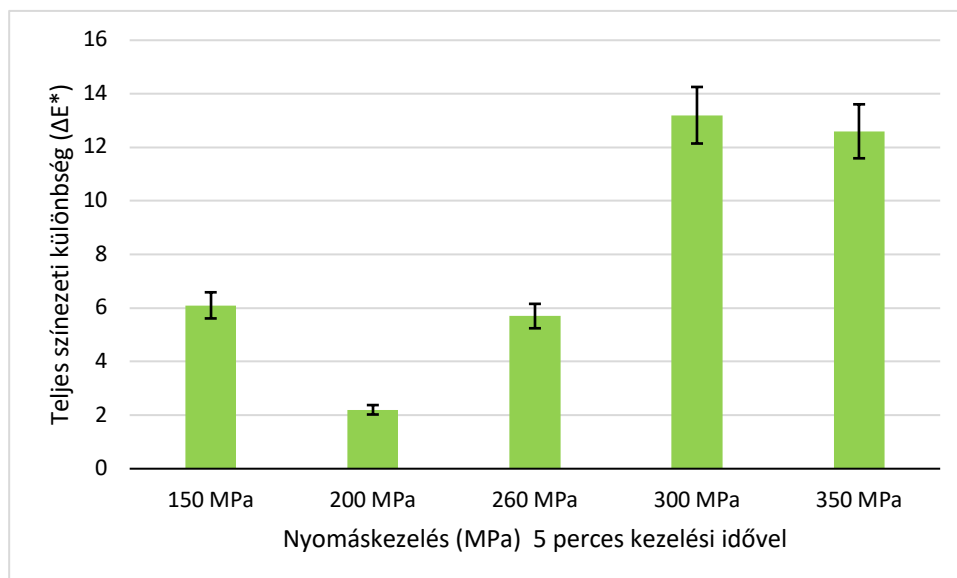
45. ábra: A pontyhús a^* értékeinek változása a nyomáskezelés függvényében

A 45. ábra mutatja az a^* vörös-zöld színtényező értékeit. Az a^* értékek alapján a kontroll minta és az alacsonyabb nyomáskezelésű minták a vöröses színezetűek voltak. Illetőleg a magasabb nyomásértéken kezelt minták a^* értékei a zöld színezet irányába tolódtak el a kontrollhoz képest. Azonban ezek a különbségek igen elenyésző mértékűek.



46. ábra: A b^* változása a nagy hidrosztatikai nyomáskezelés hatására a pontyhúson

Látható, hogy a kezeletlen kontroll minta és a kezelték b^* értékei negatív értéket vettek fel, értékeik a színtér kék tartományába esnek (46. ábra). Ezek közül kivételt képez a legmagasabb nyomáson kezelt pontyhús, ez a pozitív irányba fordul, tehát a színtérnek már a sárga tartományába esik. Vagyis a minták színezete 250MPa feletti nyomáskezelések hatására sárga tartomány felé tolódott el. Ezek a változások már észrevehetőek voltak, de nem drasztikusak.

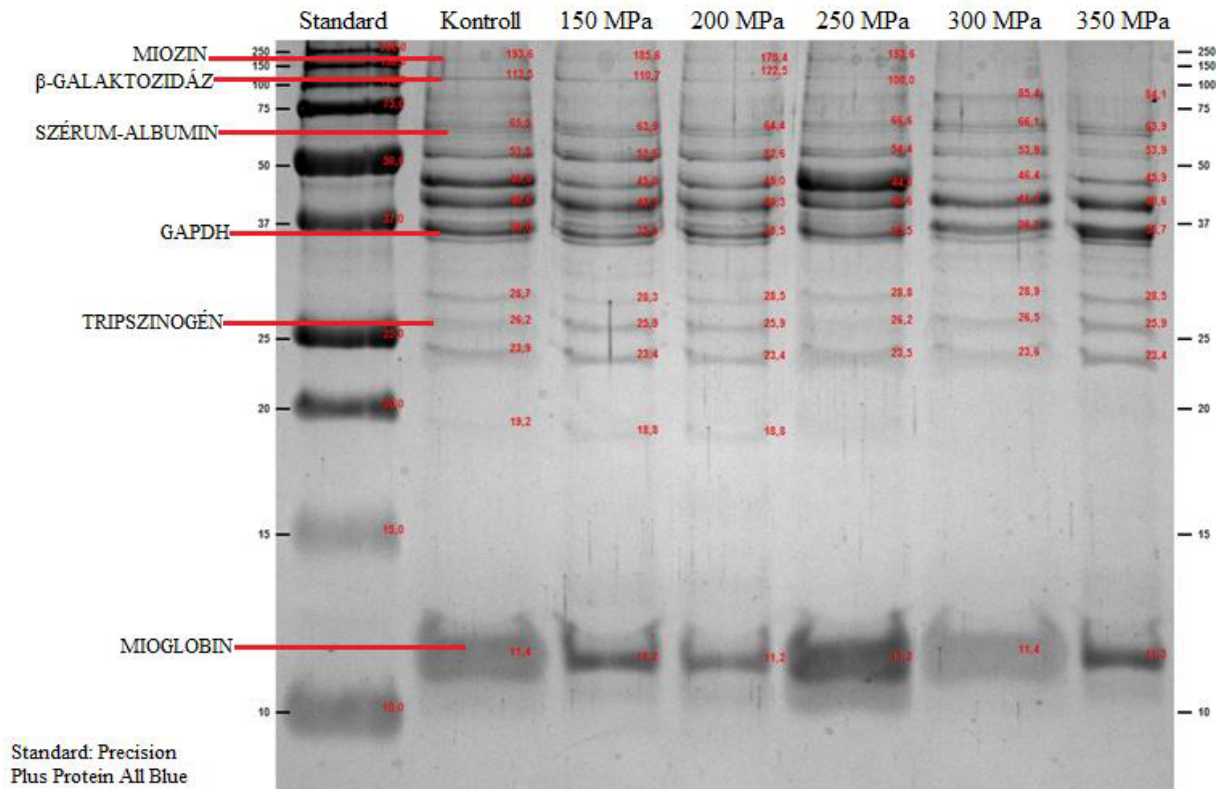


47. ábra Teljes színészeti különbség érzékelése ponty esetén

A ponty esetében a különböző mértékű nyomáskezelés hatására a hal húsa fehéredik. Ez a színinger-különbség értékeiben is megmutatkozik. A ponty (47. ábra) esetén a 300 MPa feletti tartományban a legészrevehetőbb a különbség.

5.6.2.3 A HHP-kezelés hatása a halhús fehérjéinek frakcióira

A szarkoplazma-fehérjék csoportjába olyan enzimek tartoznak, amelyek a glükóz lebontásában játszanak nagy szerepet. Az enzimeken kívül a mioglobin is a szarkoplazma-fehérjékhez sorolható, ez adja a hús színét. Ezek a fehérjék nagyon fontosak a technológia szempontjából, és szerkezetileg is meghatározóak. A húsok színében tapasztalható eltérés a mioglobin-tartalom különbözőségére, valamint a kötőszövet eltérő arányára vezethető vissza. A hal húsa miofibrillumokban gazdag, és kevés szarkoplazmát tartalmaz.



48. ábra: A ponty szarkoplazma-fehérjéinek SDS-PAGE gélelektroforézis-eltávolítási képe

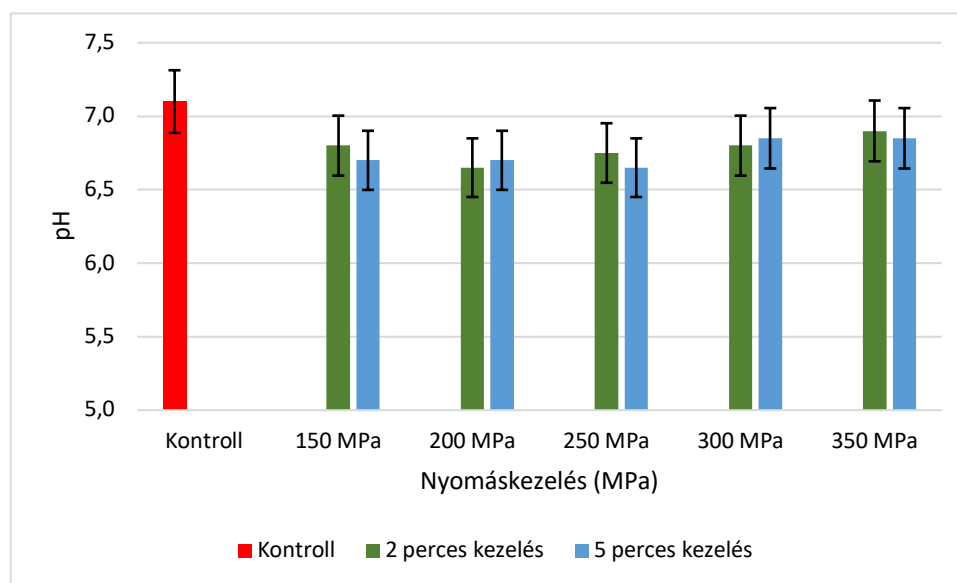
A ponty fehérjéit tartalmazó 48. ábrán látszik, hogy sok olyan fehérje található, ami ellenállt a HHP-kezelésnek. A fehérjék intenzitása csekély mértékű, főleg a nagyobb nyomáskezelések esetében. Látható az ábrán, hogy a 300 és 350 MPa-on kezelt mintákban a 85 kDa feletti molekulatömegű fehérjék denaturálódtak. A többi nyomáskezelés esetében a fehérjék nem denaturálódtak teljes mértékben, ezért még látható sávokat képeznek az elektroforetikus képen. Az elektroforetikus elválasztási képen jól látszik, hogy a magasabb molekulatömegű fehérjék jelenléte a nyomásérték növelésével arányosan csökken, de a fehérjedegradáció nem teljes mértékű. Az alacsonyabb molekulatömegű fehérjék denaturálódása jelentéktelen mértékű, sőt 16 kDa alatt az SDS-PAGE-ban már nem is észlelhető.

5.6.3 A 3. kísérletsorozat eredményei

Az 5 perces kezelések a 2. kísérletsorozatban 300 és 350 Mpa-os nyomáskezelések esetében túl nagymértékű változást okoztak a külső megjelenésben, azonban mikrobiológiai szempontból előnyösebbek voltak. Így a 3. kísérletsorozatban a nagynyomású kezelések a halhús esetében 2, illetve 5 perces időtartamig történtek 150, 200, 250, 300 és 350 MPa nyomáson, hogy megvizsgáljuk a rövidebb kezelési idő hatásait.

5.6.3.1 A pH-mérés eredménye

A pH-mérés eredményei során megállapítható, hogy nem volt számottevő változás az előző kísérletsorozathoz képest. A halak kezdeti pH-értéke pH7 értéket mutatott, amely jellemző a friss halra. A friss halak kezdeti pH-értékeihez képest a nyomáskezelt halak pH-eredményei nem mutatnak jelentős eltérést (49. ábra). Vagyis még csekélyebb mértékben csökkent a kezeléseknél köszönhetően a pH-érték, mint a 2. kísérletsorozatban. Valószínűleg még nem volt olyan előrehaladott állapotban a *rigor mortis*.

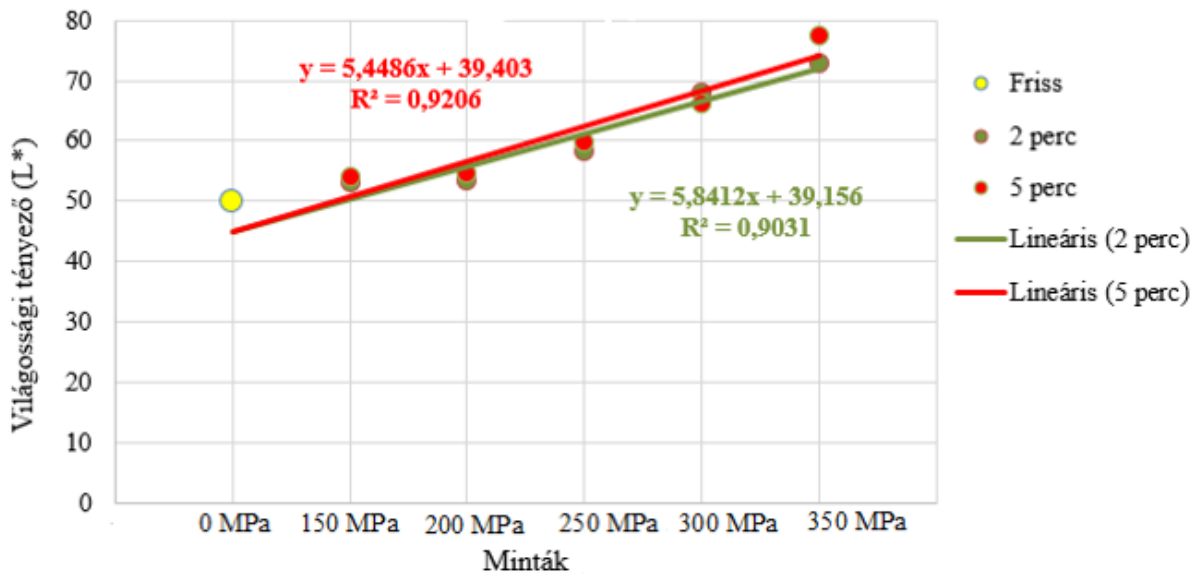


49. ábra: Halak pH-eredményei a nyomáskezelést követően

5.6.3.2 A színmérés eredménye

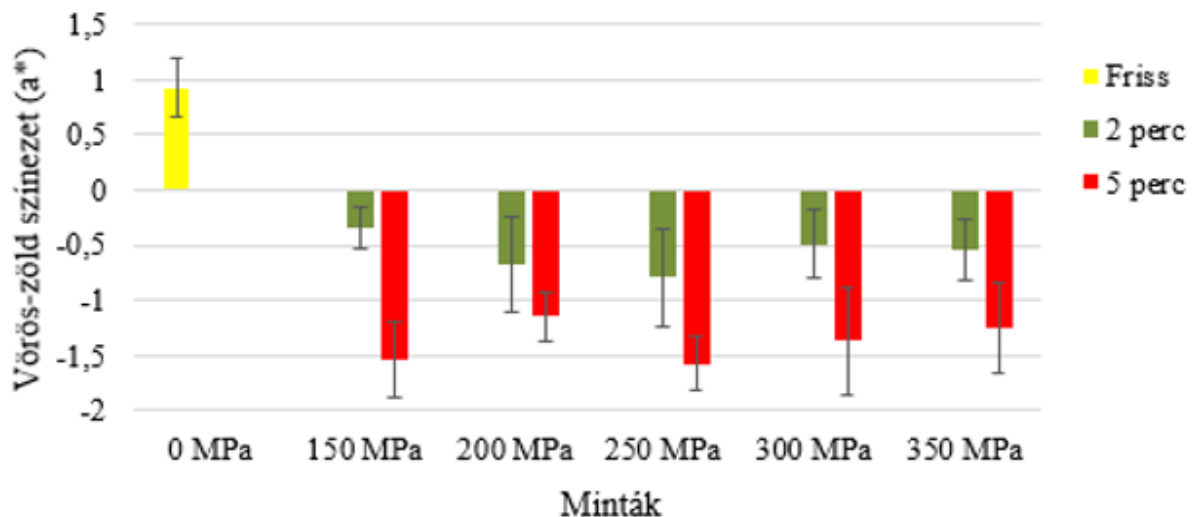
A színvizsgálat során az L^* értékeinek esetében az eredmények vizsgálatára korrelációanalízist végeztem, hogy igazoljam a nyomáskezelés és az L^* (világossági tényező) értékei közötti korrelációt. Ennek bizonyítására regressziót állítottam a pontokra, ahol az R^2 vizsgálatával meghatároztam a lineáris összefüggés mértékét. Ezt a vizsgálatot szemlélteti a 50. ábra. Az analízis elvégzése után megállapítható mindegyik halminta esetében, hogy az L^* és a

nyomáskezelés mértéke között lineáris korreláció van, azaz ahogy növekszik a nyomáskezelés mértéke, azzal lineárisan a világossági tényező értéke is nő.



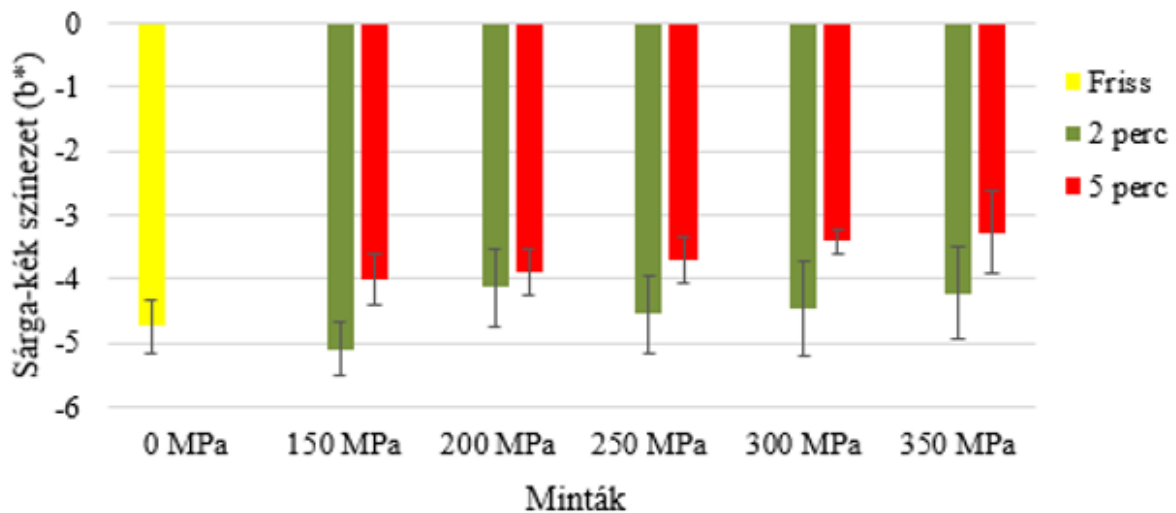
50. ábra: A halminták világossági tényezőinek értékeire állított regresszió nyomáskezelés során

A 150 MPa-os nyomáskezelés még nem okozott szemmel látható változásokat a halak színében, a 300 MPa-os, 5 perces kezelési időnél azonban már szabad szemmel jól érzékelhető jelentős változások léptek fel a hal színezetében. A ponty esetében elmondható, hogy a kontroll mintához képest a minták a^* értékei a nyomáskezelés során negatív irányba, vagyis a zöld tartomány felé tolódtak el (51. ábra).



51. ábra: A vörös-zöld színezet eredményei

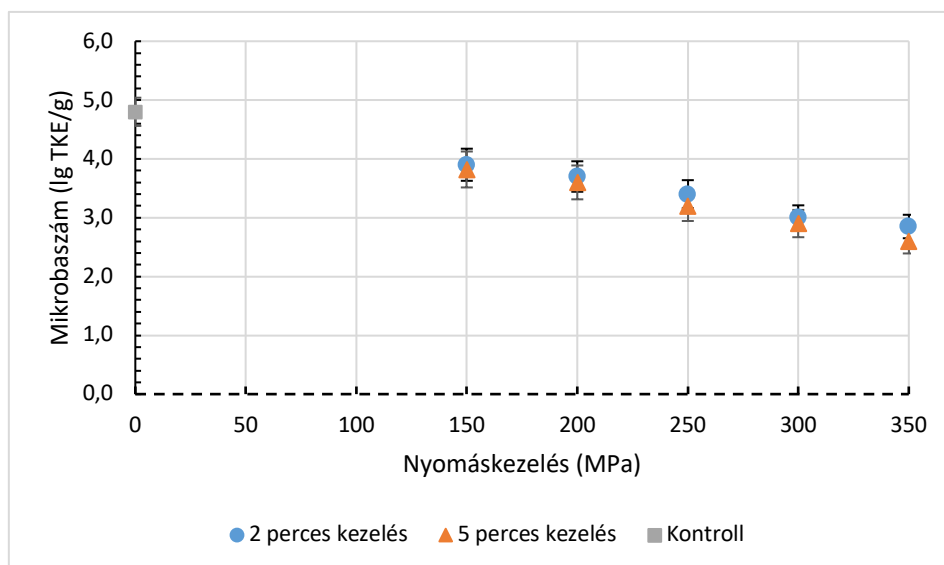
Továbbá lényeges megemlíteni, hogy ebben az esetben fontos elkülöníteni a 2 perces és az 5 perces nyomáskezelési időt, ugyanis az ábra is jól szemlélteti, hogy különbség lépett fel a kezelési idők között. Tehát az 5 perces nyomáskezelte minták kevésbé piros színezettel rendelkeznek, mint 2 perces társaik.



52. ábra: A sárga-kék színezet eredményei ponty nyomáskezelését követően

A b^* értékeit vizsgálva megállapítható, hogy a minták esetében a kék színezet játszik szerepet. A kontrollmintához képest a nyomáskezelt minták egyre kevésbé rendelkeznek a kék színezettel (52. ábra). Az 5 perces kezelési idejű mintáknál a nyomáskezelés hatására fokozatos kék színezetbeli csökkenés figyelhető meg.

5.6.3.3 A mikrobiológiai vizsgálat eredményei



53. ábra: Nyomás kezelt ponty minták összcsíraszám eredményei

A 53. ábráról leolvasható, hogy a ponty kezdeti csíraszama $4,8 \times 10^4$ TKE/g volt. A 150 MPa nyomás hatására közel egy nagyságrendnyi csökkenést volt tapasztaltam. A további nyomáskezelés során szintén folyamatosan csökkent a pontyfilék összcsíraszama. A 250 MPa nyomáson, az előbbi nyomáskezelésekhez viszonyítva közel egy fél nagyságrendnyi összcsíraszám-csökkenést figyeltem meg. A diagram eredményei alapján megállapítottam, hogy a

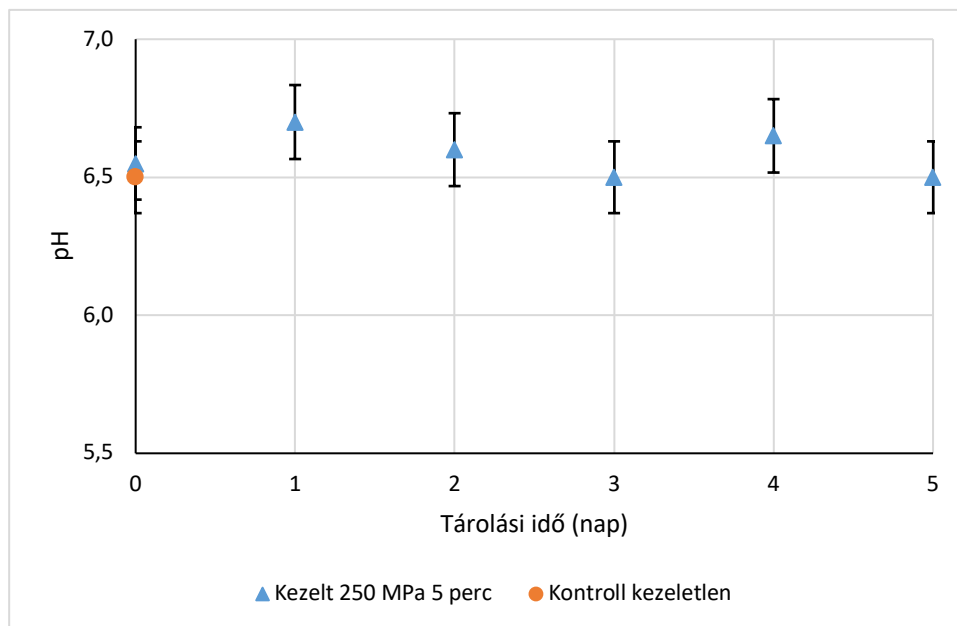
stabilabb mikrobiológiai hatás elérése érdekében érdekesebb a 250 MPa-os nyomáskezelést alkalmazni.

5.6.4 A 4. kísérletsorozat eredményei

A korábbi kísérletsorozat eredményeit alapul véve arra a következtetésre jutottam, hogy a 250 Mpa-os 5 perces nyomáskezelés a legalkalmasabb a pontyfilé eltarthatóságának növelésére. Itt még nem befolyásoló mértékű a nagy hidrosztatikus nyomás alkalmazása a külső megjelenésre, sőt még kedvezően is hathat, azonban már jelentősebb mikrobiológiai hatás, csíraszám-csökkentés érhető el.

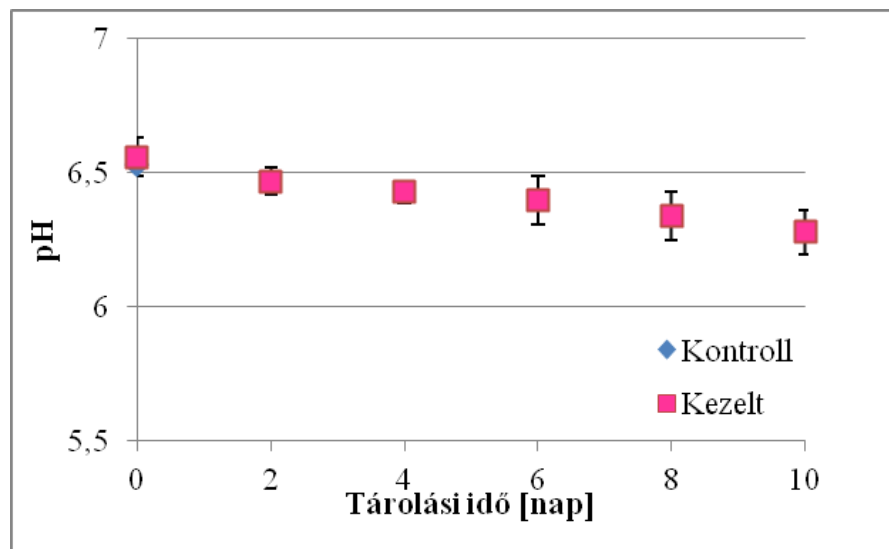
5.6.4.1 A pH mérés eredményei

A kiindulási pH-értékek azt tükrözik, hogy a halfilé már a *rigor mortis* után kerültek kezelésre. ebben az esetben, ahogy korábban is, kis mértékben növekedett a nyomáskezelt minták savassága a kezeléseknél köszönhetően. A tárolásnál a 0. napi eredményekhez hasonló, ingadozó eredményeket tapasztaltam (54. ábra). Vagyis lényegében nem változott a pH-értékük a mintáknak a csomagolás nélküli tárolás során.



54. ábra: Nagy hidrosztatikai nyomáson kezelt csomagolatlan pontyfilé pH-változása (5 napos tárolás 2 °C-on)

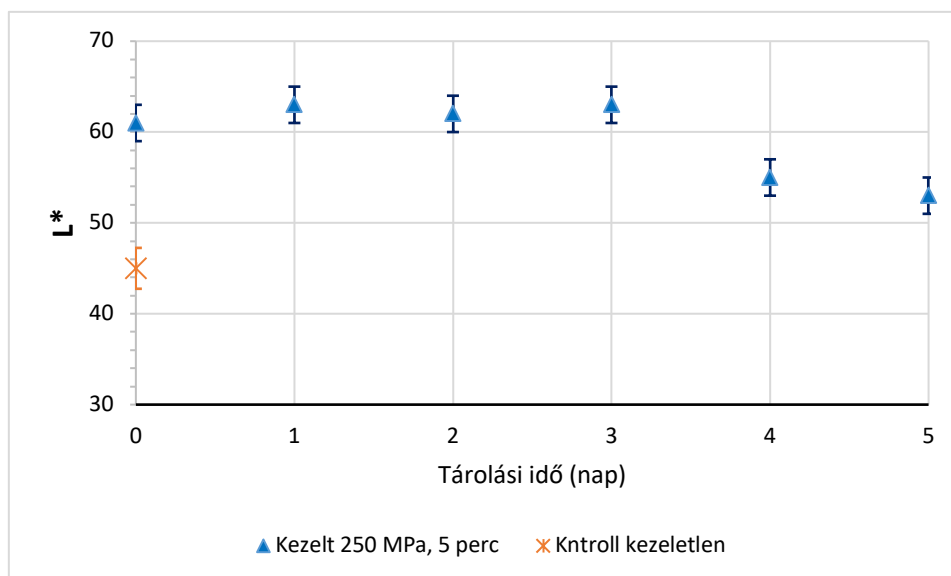
A vákuumcsomagolt nyomáskezelt minták 10 napos tárolási vizsgálata során azt állapítható meg (55. ábra), hogy a tárolás során egyenletesen csökkent a pH, ez a tejsavtermeléssel magyarázható. Az utolsó napon körülbelül háromtizednyi csökkenést figyelhető meg a 0. napon mért pH-értékhez viszonyítva, ami ilyen hosszú időtávlatban egyáltalán nem nevezhető jelentősnek.



55. ábra: Nagy hidrosztatikai nyomáson kezelt vákuumcsomagolt pontyfilé pH-változása a tárolás során (10 napos tárolás 2 °C-on)

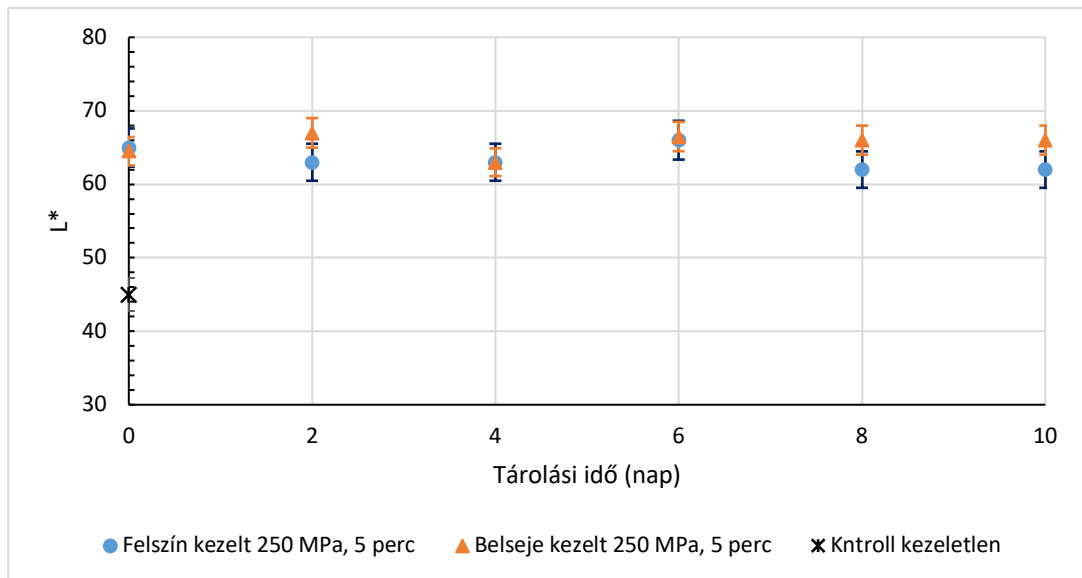
5.6.4.2 A színmérés eredményei

A kísérlet színmérésének eredményeiből ugyanazt állapítható meg, amit már korábban az első kísérletsorozat során: a 250 MPa-on végzett nyomáskezelés a halminták színének 10-20%-os mértékű világosodását idézte elő (56. ábra).



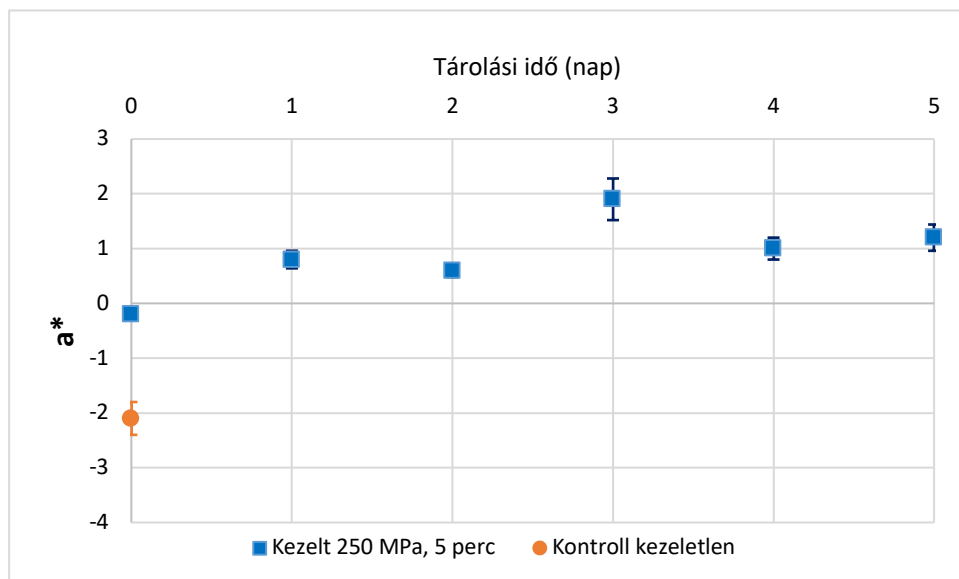
56. ábra: A világossági tényező (L^*) változása a nagy hidrosztatikai nyomáskezelés hatására a csomagolatlan ponty felületén (5 napos tárolás 2 °C-on)

Az ötnapos tárolás során a világossági tényező értéke eleinte nőtt, világosodott a termék, majd a harmadik naptól csökkent feltételezhetően száradás, oxidáció hatására.



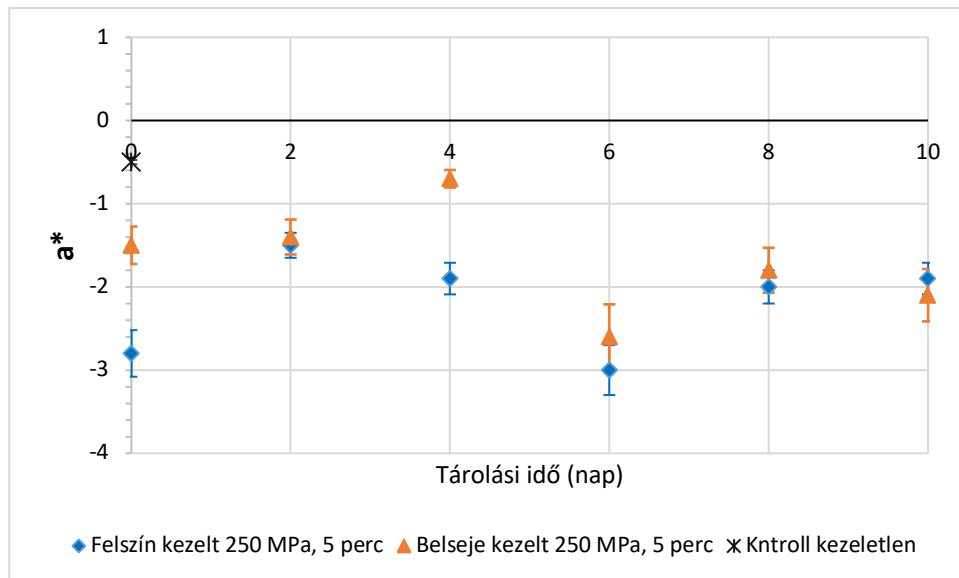
57. ábra: A világossági tényező (L^*) változása nagy hidrosztatikai nyomás hatására a vákuumsomagolt pontyfilé felszínén és belsejében (10 napos tárolás 2 °C-on)

Vákuumsomagolt termékek 10 napos tárolása esetén is hasonló következtetések vonhatók le a színérés eredményeit tekintve, mint a korábban kapott eredményeknél. Nyomáskezelés hatására a mintáknál a halak világosodását tapasztaltam (57. ábra). A 10 napos tárolás során szintén nem történtek lényeges változások, az értékek a 0. nap eredményei körül ingadoztak. A külső és belső színezet között nem lehet felfedezni jelentős különbségeket.



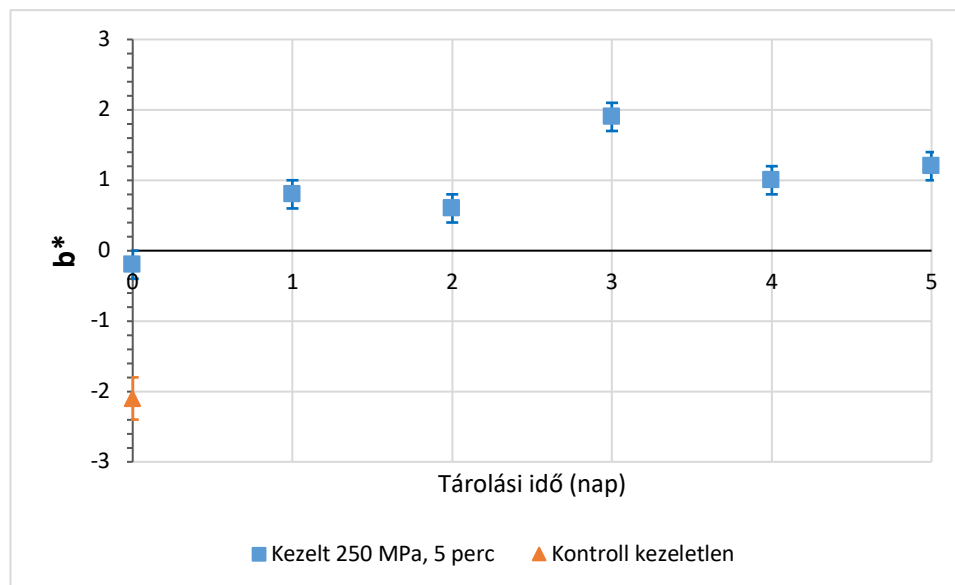
58. ábra: A vörös-zöld színezet (a^*) változása a nagy hidrosztatikai nyomáskezelés hatására csomagolatlan ponty felületén (5 napos tárolás 2 °C-on)

A csomagolás nélküli tárolás során a vörös-zöld színezet értékei negatív értéket vettek fel, a zöld színtér felé tolódtak el a színértékek a nyomáskezelés hatására (58. ábra), akár csak a korábbi kísérletsorozatokban. Ez a vörös színezetbeli csökkenés sem mondható jelentősnek. A tárolás során a vörös-zöld színezet kiindulási értékeit tartották a minták.



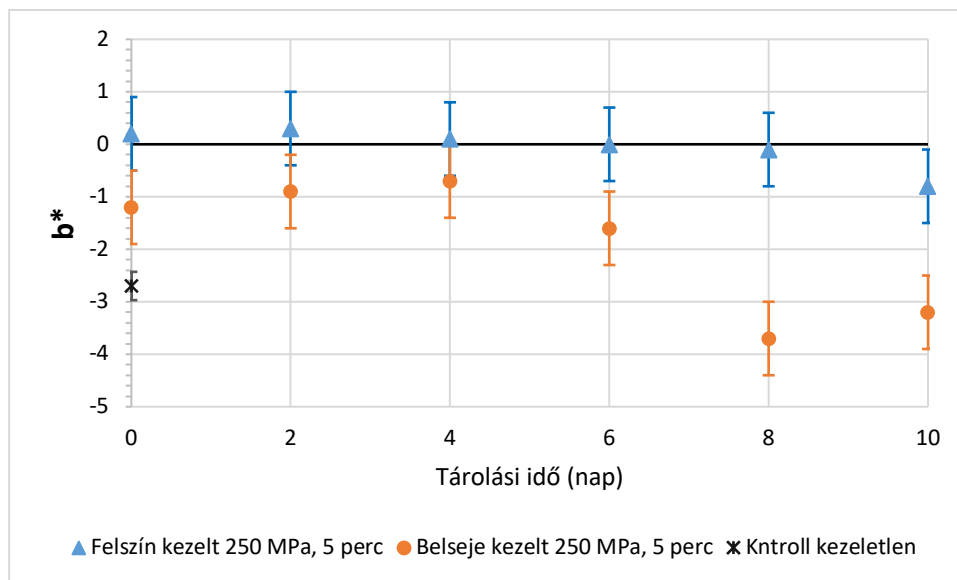
59. ábra: A vörös-zöld színezet (a^*) változása nagy hidrosztatikai nyomáskezelés hatására vákuumsomagolt ponty felszínén és belsejében (10 napos tárolás 2 °C-on)

A vákuumsomagolt halfilék vörös-zöld színezete szintén a zöld színtér irányába tolódott el kis mértékben a nyomáskezelés hatására (59. ábra). Alapvetően a 10 napos tárolás során további változások már nem történtek a halfilék vörös-zöld színezetében, a belső és külső színezetet összehasonlítva sem.



60. ábra: A sárga-kék színezet (b^*) változása a nagy hidrosztatikai nyomáskezelés hatására csomagolatlan pontyfilé felületén (5 napos tárolás 2 °C-on)

A sárga-kék színezet változásában a csomagolás nélküli tárolás során azt tapasztaltam, hogy a nyomáskezelés hatására az értékek növekedtek (60. ábra), illetve a mérési pontok a sárga színezet értékeit vették fel, a tárolás során a b^* értéke kis mértékben, de folyamatosan nőtt.

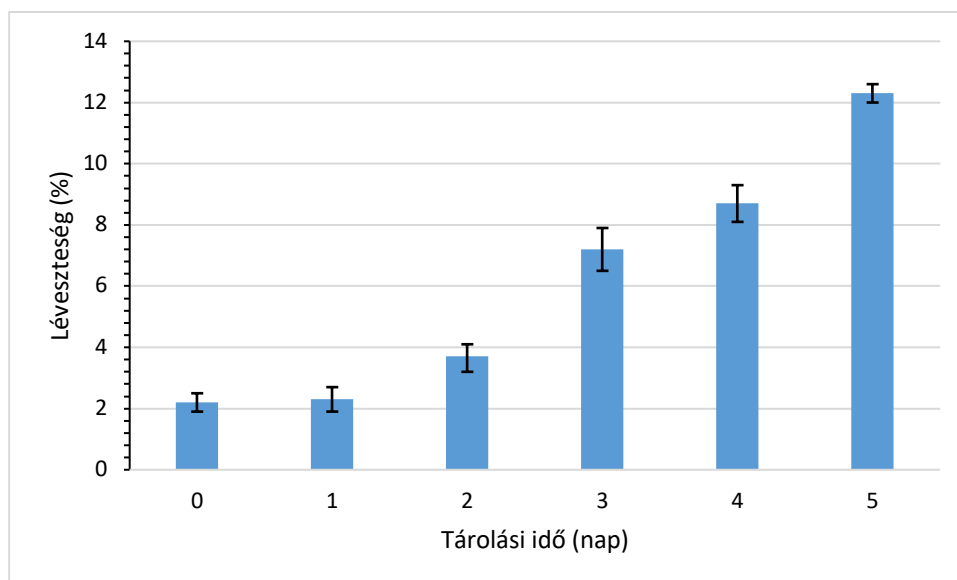


61. ábra: A sárga-kék színezet (b^*) változása nagy hidrosztatikai nyomás hatására vákuumcsomagolt pontyfilé felszínén és belsejében (10 napos tárolás 2 °C-on)

A vákuumcsomagolt minták esetében a kiinduláskor is csekélyebb mértékű volt a nyomáskezelés hatása a b^* értékekre, kevésbé növelte meg azt a korábbi eredményekhez képest. A tárolás során azonban lényeges változásokat, különbségeket nem tudunk felfedezni (61. ábra). A szórásértékekből is látható, hogy nagyobb a mérési pontatlanság, mint a változások mértéke.

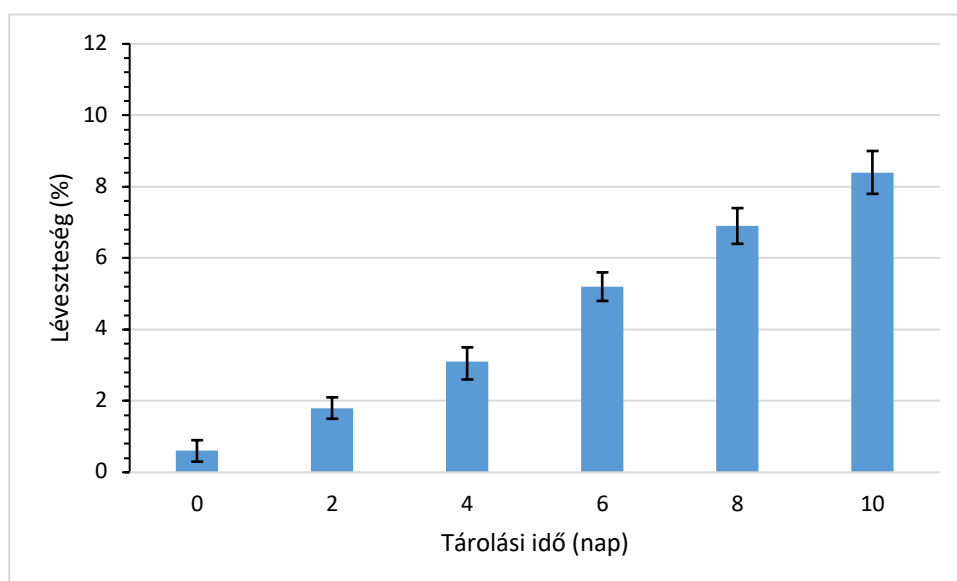
5.6.4.3 A léveszteség mérésének eredményei

A nyomáskezeléseknek köszönhetően közvetlenül a kezelés után körülbelül 2% volt az értéke a léveszteségnek, akárcsak a korábbi kísérletsorozat folyamán (62. ábra). A diagram jól mutatja, hogy a nyomáskezelt halak csomagolás nélküli tárolása (2 °C, 80% RPT) során az ötödik nap végére a halfilé esetében közel 12%-os léveszteség volt tapasztalható, és ez gazdasági oldalról is igen jelentős veszteségnek nevezhető.



62. ábra: Nagy hidrosztatikai nyomáson kezelt csomagolatlan pontyfilé lévesztése (5 napos tárolás 2 °C-on)

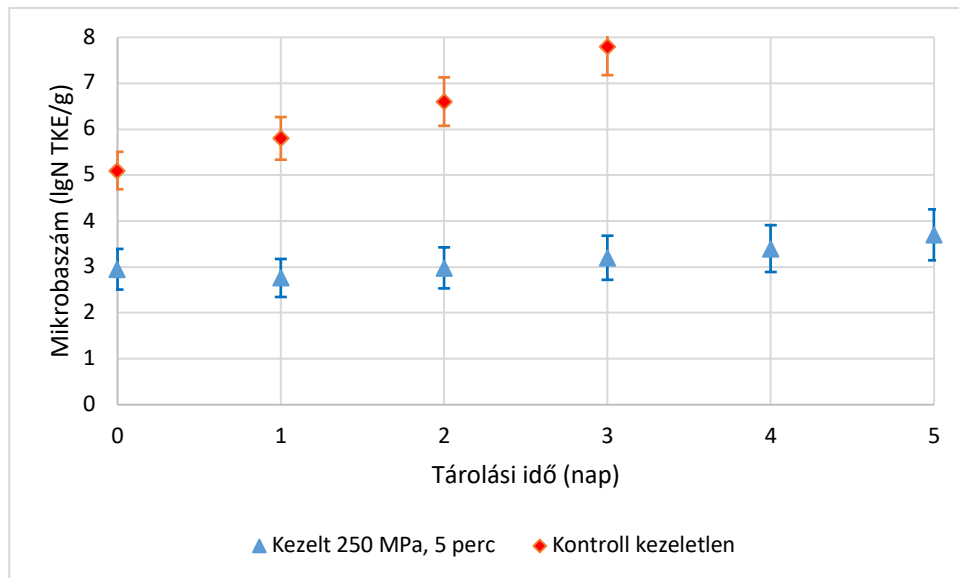
A vákuumcsomagolt halfilék esetében a lékiválás a 10. napon érte csak el a 9%-ot (63. ábra). A csomagolás nélküli mintákkal összevetve elmondható, hogy a tárolás során vákuumcsomagolás alkalmazásával nagymértékben csökkenthető a lévesztesség, kétszer annyi idő alatt kevesebb lé válik ki a termékből, mint csomagolatlan tárolás esetén. A vákuumcsomagban lévő, kívülről ható nyomás csökkentette a víz felületre jutását.



63. ábra: Nagy hidrosztatikai nyomáson kezelt vákuumcsomagolt ponty lévesztésének alakulása (10 napos tárolás 2 °C-on)

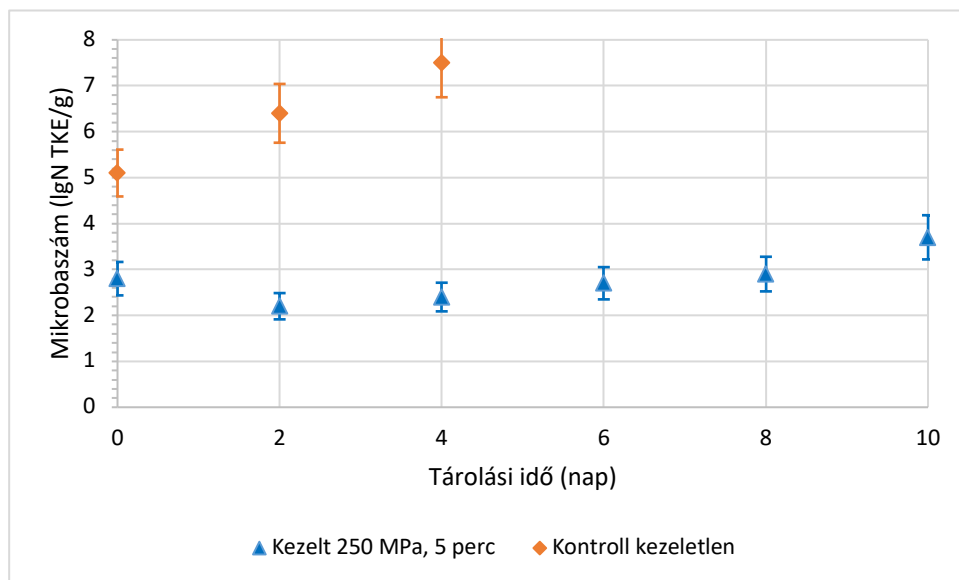
5.6.4.4 A mikrobiológiai vizsgálat eredményei

A HHP-vel és aktív vízzel végzett kombinált kezelés összes aerob csíraszámcsökkentő hatását a 64. ábra is alátámasztja. A kezdeti 10^5 -es nagyságrendű felületi élő csíraszámokkal rendelkező mintákon a kezelést követően két nagyságrendnyi csökkenés volt tapasztalható.



64. ábra: Nagy hidrosztatikai nyomáson kezelt csomagolatlan pontyfilé minták mikrobaszámának változása az 5 napos tárolás folyamán 2 °C-on

A HHP-kezelt halak mikrobiológiai állapotáról megállapítható, hogy a mikrobaszám az 5 napos tárolás során még 1 nagyságrendnyit sem nőtt. Látható a kezelést követő 1. napban egy csökkenés, amely a mikrobák szubletális sérülésének köszönhető. Ezek a mikrobák regenerálódnak, megszokják környezetüket, majd szaporodnak. A kontroll mintákon mért élő csíraszám a harmadik napra meghaladta a 10^7 értéket, amelyet a fogyasztáhtóság határértékének tekintünk, így az ennél nagyobb értékeket a diagrammon már nem ábrázoltam.



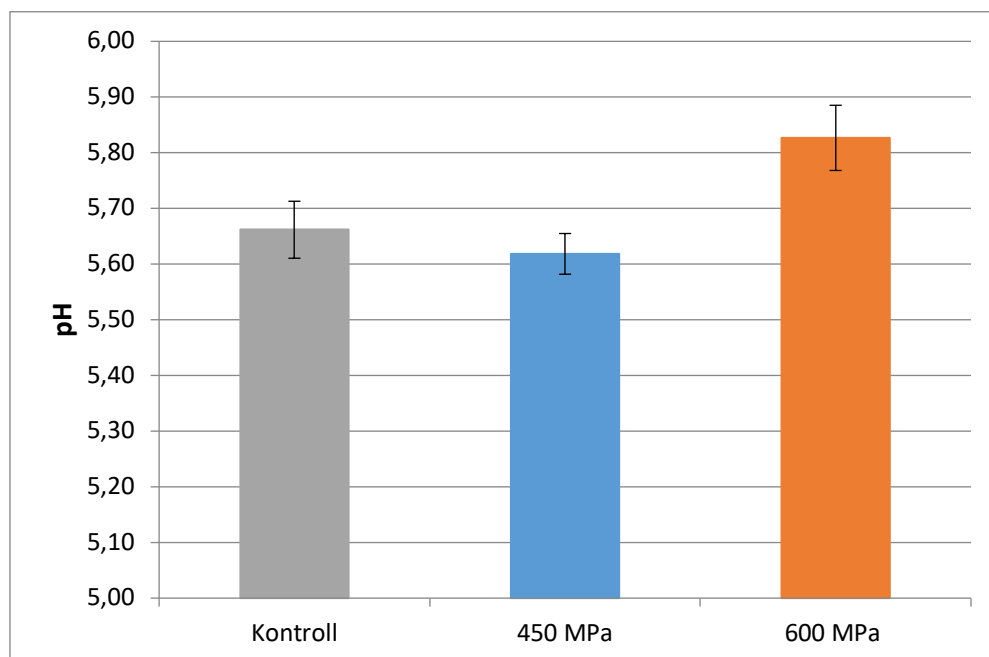
65. ábra: Nagy hidrosztatikai nyomáson kezelt vákuumcsomagolt pontyfilé minták mikrobaszámának változása (10 napos tárolás 2 °C-on)

A vákuumcsomagolt halak esetében (65. ábra) is hasonlóak mondhatók el, miszerint a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés alapvetően csökkentette a kiindulási mikrobaszámot, azonban a vákuumcsomagolásnak köszönhetően még a 10 napos tárolás végére sem haladták meg a 10^3 összcsíraszám-értéket. Összességében elmondható, hogy a tárolás során a nyomáskezelte pontyfilék élő összcsíraszama egyik esetben sem érte el a 10^7 -es határértéket a vizsgált tárolási idő alatt. A

kezeletlen kontroll mintákon már a mintakészítés napján igen magas mikrobaszám értéket mértem, és a tárolás alatt a 4. napra amitákon mért mikrobaszám meghaladta a 10^7 TKE/g értéket, amely az élelmiszerek fogyaszthatósági határértékének tekinthető. A kontroll minták ezt meghaladó mikrobaszám értékeit a diagrammon már nem tüntettem fel. Erkan és Üretener (2010) arany durbincs (*Sparus aurata*) 250 MPa-on végzett 5 perces nyomás kezelés során hasonló eredményeket tapasztalt.

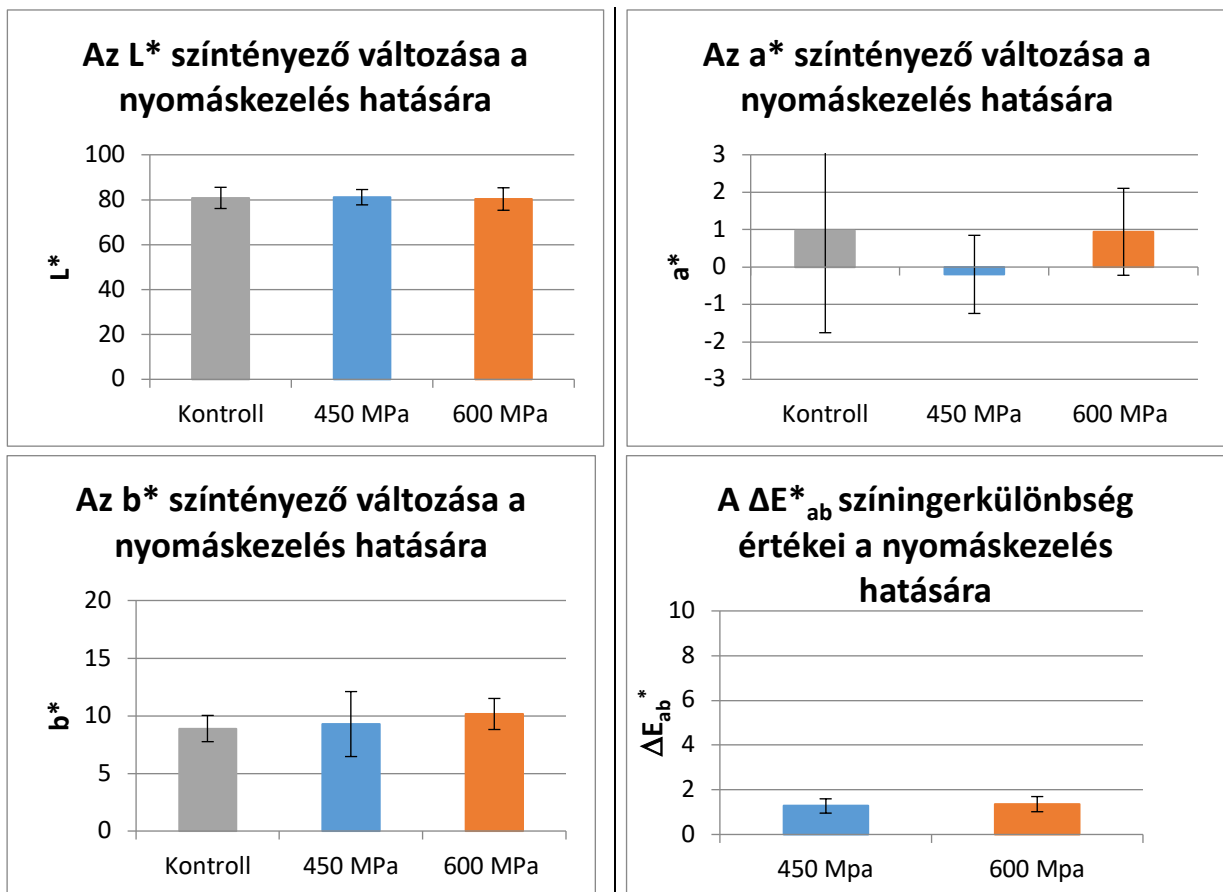
5.7 A HHP-kezelés alkalmazása füstölt halkészítményen

5.7.1 A füstölt pontyfilé változása a nyomáskezelés hatására



66. ábra: A pH-értékek változása nagy hidrosztatikus nyomással kezelt füstölt pontyfilé esetében

A minták pH-értékeinek alakulását a 66. ábra mutatja. Megállapítható, hogy a kontroll-, nyomáskezelés nélküli mintához képest a 450 MPa nyomással kezelt minták pH-értéke lényegesen nem változott, míg a 600 MPa nyomással kezelt minták pH-értéke minimálisan növekedett a nyomáskezelés hatására. A szórásértékeket figyelembe véve elmondható, hogy lényegesen nem befolyásolta a minták pH-értékét a nyomáskezelés.



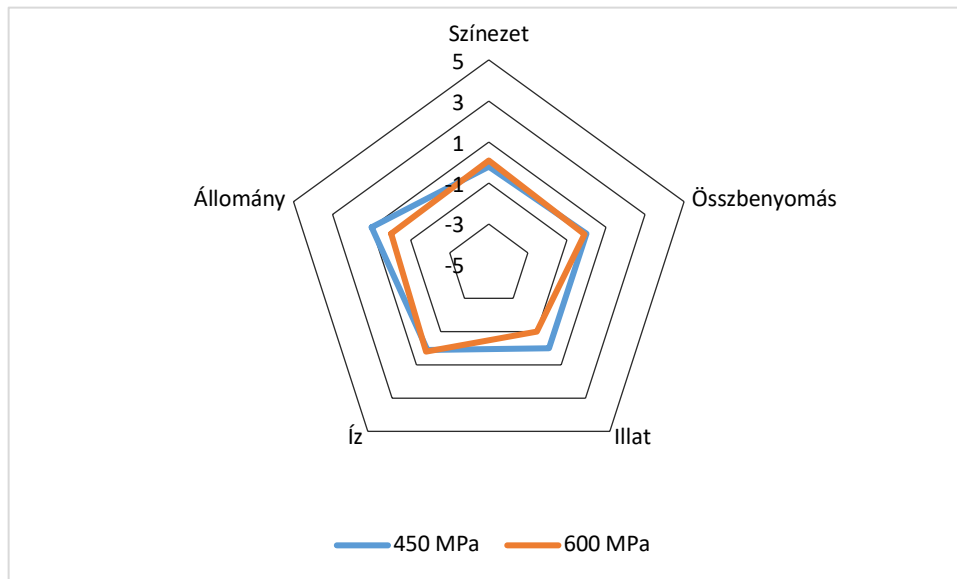
67. ábra: Az L^* , a^* , b^* színtényezők és ΔE^*_{ab} színingerkülönbség változása a füstölt pontyfilén a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés hatására

A 67. ábra azt mutatja, hogy a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés hatására milyen mértékben változott a füstölt pontyfilé színezete. Az L^* világossági színtényező értékeiből azt látjuk, hogy a 450 MPa-os és 600 MPa-os nyomáskezelések egyik esetben sem változtattak jelentősen a színtényező értékein a kontrollmintákhoz képest. Az a^* vörös-zöld színtényezőt a 0 körüli értékei miatt nehéz ábrázolni, de ha a minták szórásértékeit megnézzük, láthatjuk, hogy a kontrollminta értékei fedik a nyomáskezelt minták értékeit, és ezek csak néhány értéknyi intervallumon belül mozognak, vagyis nem mondható el, hogy a nyomáskezelés befolyásolta volna a füstöltponty- minták a^* színezetét. A b^* sárga-kék színtényező esetében kis mértékű növekedés figyelhető meg a magasabb nyomásérték irányába, vagyis szignifikáns hatás nem figyelhető meg.

A ΔE^*_{ab} színingerkülönbség-értékek a nyomáskezelés hatásának vizsgálatánál mindkettő mértékű nyomáskezelés esetében a 0,5-1,5 – vagyis az emberi szem számára az alig észrevehető – kategóriába esnek.

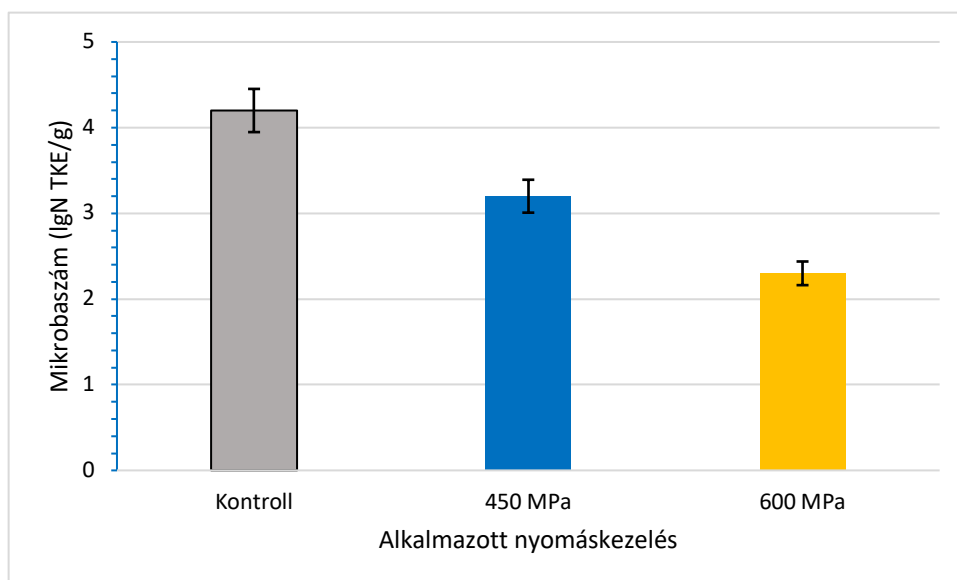
A 0. napon megvizsgáltam magának a nyomáskezelésnek a hatását a mintákon a kontroll mintákhoz képest. Ehhez egy bővített különbségvizsgálatot alkalmaztam, miszerint a bírálók a kontroll mintákhoz képest állapították meg, hogy volt-e különbség, és ha igen, akkor milyen mértékű és irányú volt. Ehhez egy (-5)-5-ig terjedő skálát alkalmaztam, amelyen meg volt

engedve a „nincs különbség” eredmény is a skála 0-val jelölt pontjában. Az érzékszervi teszt során vizsgáltam a minták színintenzitását, összbenyomását, illatintenzitását, ízintenzitását, illetve a hal állományát.



68. ábra: A nyomáskezelt füstölt pontyfilé profildiagramja a 0. napon (-5)-5 közötti skálán

A 68. ábrán látható a 0. napi értékelések profildiagramja. Megfigyelhető, hogy a 600 MPa-on nyomáskezelt minták eredményei a 0. értékhez szerepelnek közel, vagyis a fogyasztók az egyes paramétereket vizsgálva nem találtak különbségeket a kontroll mintához képest. Hasonlóan elmondható a 450 MPa-on nyomáskezelt minták esetében is, hogy nagy változásokat nem állapítottak meg a bírálók, mindössze a 450 MPa-on nyomáskezelt minták illatintenzitása csökkent kis mértékben, illetve a hal állományát értékelték puhábbnak.



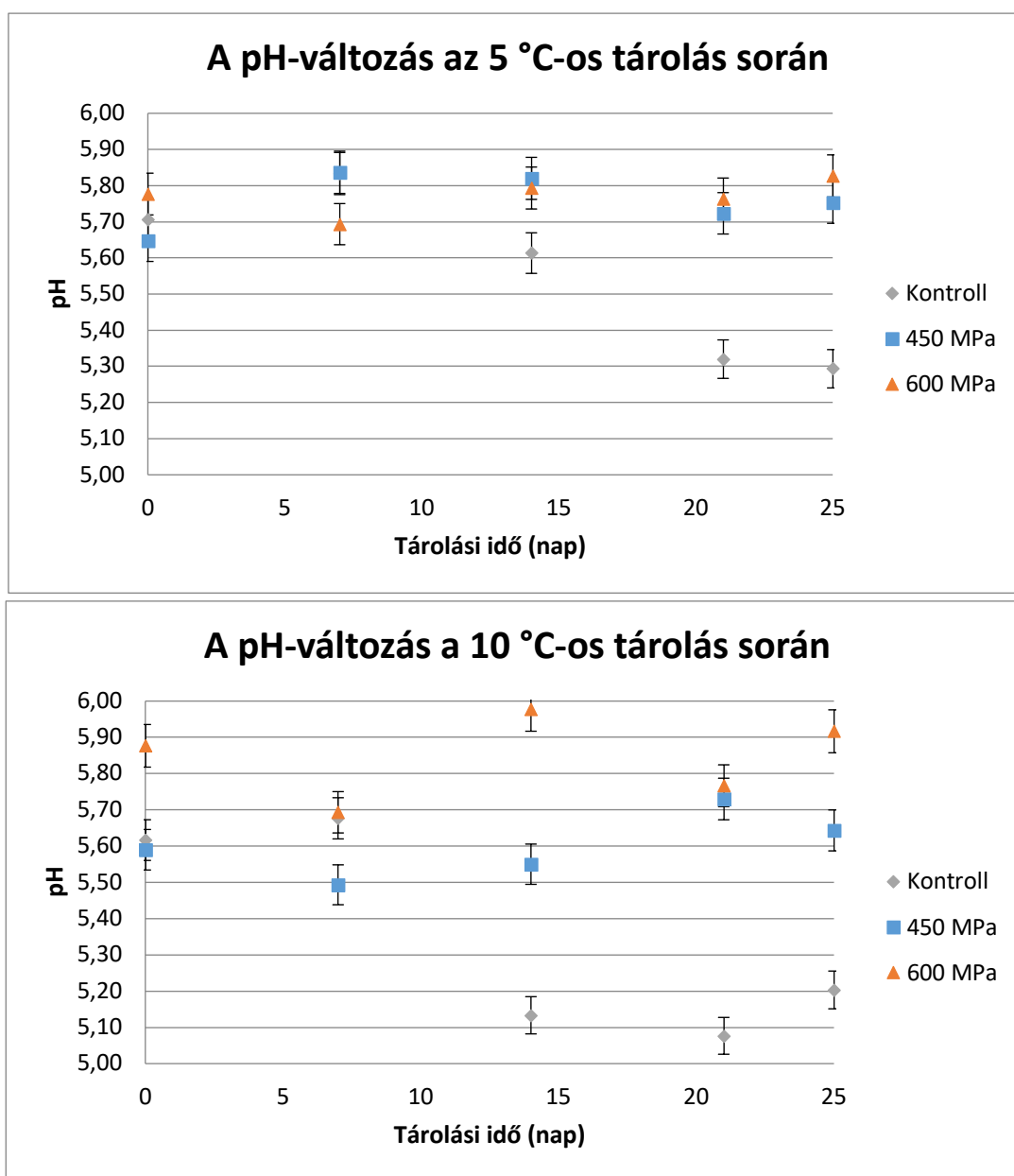
69. ábra: A füstölt pontyfilé mikrobiológiai változása a nyomáskezelések hatására

A 69. ábrán látható, hogy a nyomáskezelések hogyan csökkentették a minták kezdeti mikrobaszámát. A kontroll mintához képest a 450 MPa-os nyomáskezelés körülbelül egy, míg a 600 MPa-os nyomáskezelés körülbelül 2 nagyságrendnyi csökkenést is képes volt okozni. Ez a

későbbi tárolás során azért lehet igen hasznos, mert a mikroba exponenciális növekedése miatt nagyon fontos egy termék eltarthatóságában, hogy a lehető legalacsonyabb legyen az induló mikrobaszám.

5.7.2 A füstölt pontyfilé pH-értékének változása a tárolás során

A tárolás során a minták pH-értékében jól elkülöníthető változások következtek be (70. ábra). Az 5 °C-on történő tárolás esetében a nyomáskezelt minták pH-értéke a tárolás során végig közel azonos, 5,7-5,8 körüli értékek körül fluktuált mind a 450 MPa és mind a 600 MPa nyomással kezelt minták vizsgálatánál. Ezzel szemben a kontroll minták pH-értéke a 7. napot követően jelentősen csökkenni kezdett, egészen pH 5,3 értékig, ahol stabilizálódni kezdett.



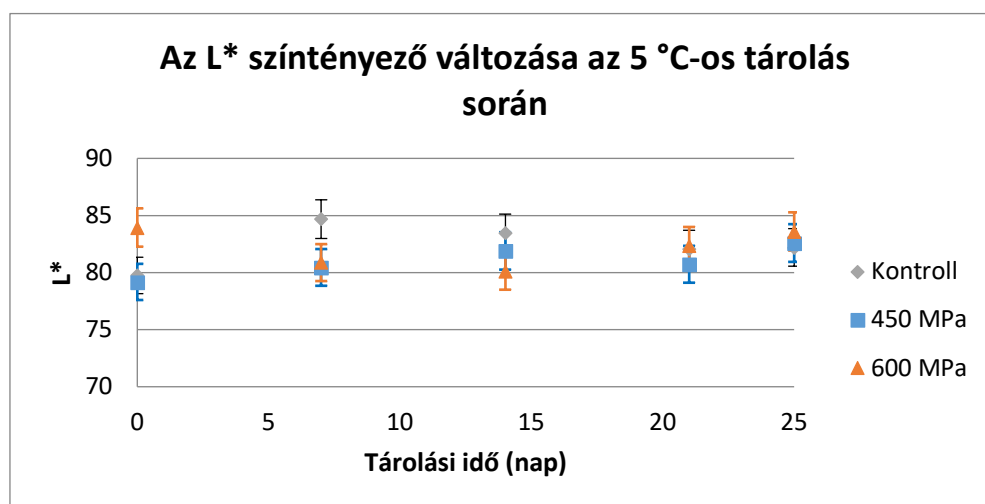
70. ábra: A pH-érték változása a füstölt pontyfilében a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés hatására

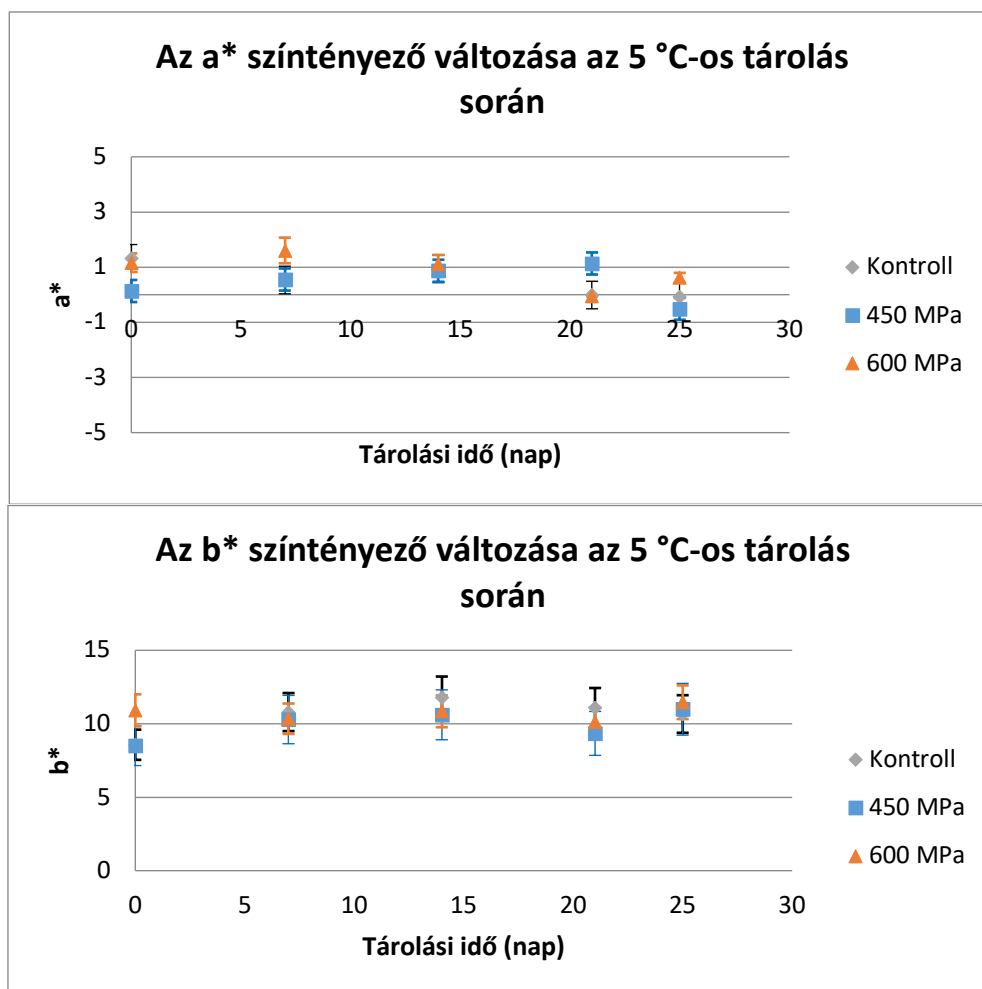
A 10 °C-on tárolt minták eredményeit megvizsgálva láthatjuk, hogy a nyomáskezelt minták esetében itt is megfigyelhető, hogy a tárolás során végig a kiindulási értékük körül fluktuálnak, bár az 5 °C-on tárolt mintákhoz képest nagyobb kilengésekkel. Emellett elmondható, hogy a 600 MPa-on történő nyomáskezelés kis mértékben növelte a minták pH-értékét. A kontroll minták pH-értéke itt is hirtelen csökkenésnek indult a 7. napot követően, majd a csökkenés megállt pH 5,1-5,2 körüli értéken. Ebből arra következtethetünk, hogy a kontroll minták esetében savanyodás léphetett fel, amely utalhat a mikroba gyorsabb szaporodására – anyagcseréjük következtében savas vegyületeket termeltek –, mindezek által a termékek romlásnak indultak. Ezzel szemben a 450 MPa és 600 MPa nyomással kezelt termékeknel ilyen jellegű változás nem volt megfigyelhető. Ezeknek a termékeknek a mikrobiológiai állapota stabil maradt.

A pH-értékeket ezután többtényezős varianciaanalízisnek vettem alá. A statisztikai eredményeket (VIII. Melléklet) 95%-os szignifikanciaszint esetén vizsgálva elmondható, hogy a nyomáskezelés, a tárolási hőmérséklet és a tárolási idő is szignifikánsan befolyásolta a pH-értékek alakulását. Ha ezek egyes interakcióit is megvizsgáljuk, itt is láthatjuk, hogy az összes párosítás esetén szignifikáns eredményeket kaptunk (a Sig. oszlop adatai 0,05 alatti értékek). Az r^2 értéke 0,974, ami igen magas, vagyis a vizsgált tényezők majdnem a teljes varianciát megmagyarázzák. A legbefolyásosabb tényező a nyomáskezelés volt, ezt a Partial Eta² oszlop adataiból tudjuk, mert a nyomáskezelésnek a legnagyobb az értéke. A diagramokkal összeegyeztetve az eredményeket elmondható, hogy a nyomáskezelés szignifikánsan hatott a minták pH-értékére, szignifikánsan segítette a kiindulási értékek megőrzésében.

5.7.3 A füstölt pontyfilé színezetének változása a tárolás során

A színezet igen fontos tényező egy termék esetében, mivel a fogyasztó legelőször a színezet alapján ítélkezik egy termék minőségéről. Ezért kedvező, ha a színezet végig az eredeti friss termékre emlékeztető marad a tárolás alatt is.

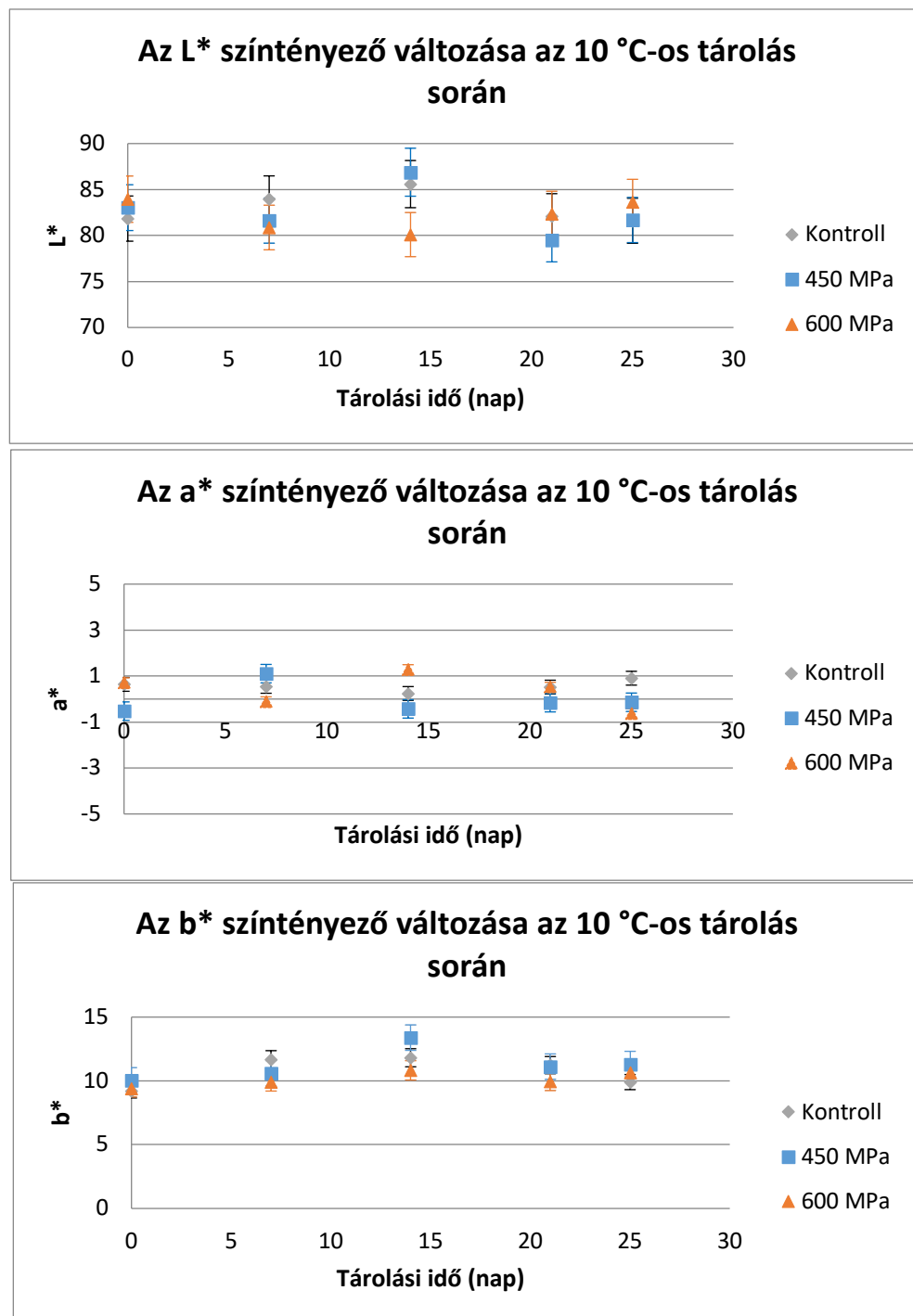




71. ábra: Az L^* , a^* , b^* színtényezők változása a füstölt pontyfilében a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés hatására 5 °C-on történő tárolás során

Az L^* világossági színtényezőt megvizsgálva megállapítható (71. ábra), hogy az 5 °C-os tárolás során a mért L^* eredmények szinte végig a 80-85 közötti intervallumban maradtak, ezen az értékhatáron belül mozogtak rendszertelenül, vagyis elmondható, hogy csak minimális változások történtek. A szórások értéke minden esetben mindössze néhány egységértéket tesz ki, ez egyrészt arra utal, hogy a néhány egységnyi változás következhet a füstölt pontyfilé felületének nem teljesen homogén színezetéből, továbbá az irdalás miatt sokkal kevésbé homogén szerkezetű, ami szintén zavaró tényező lehet a színmérés folyamán, és ez a megállapítás az összes színtényező vizsgálatára vonatkoztatható.

Szintén elmondható az a^* vörös-zöld színtényezőt megvizsgálva, hogy leginkább az a^* (-1) -1 értékhatárok között maradtak a kapott értékek a tárolás során mind a kontroll-, mind a nyomáskezelt minták esetében. A b^* sárga-kék színtényező pozitív értékei utalnak a minták sárga színezetére, amelyek a tárolás során végig közel hasonló értékeket képviselnek, nem mutatnak kilengéseket. Mivel jelentős eltérés nem tapasztalható egyik színtényező esetében sem, kijelenthető, hogy a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés nem befolyásolta jelentős mértékben a füstölt pontyfilé színezetét az 5 °C-os hűtve tárolás során.



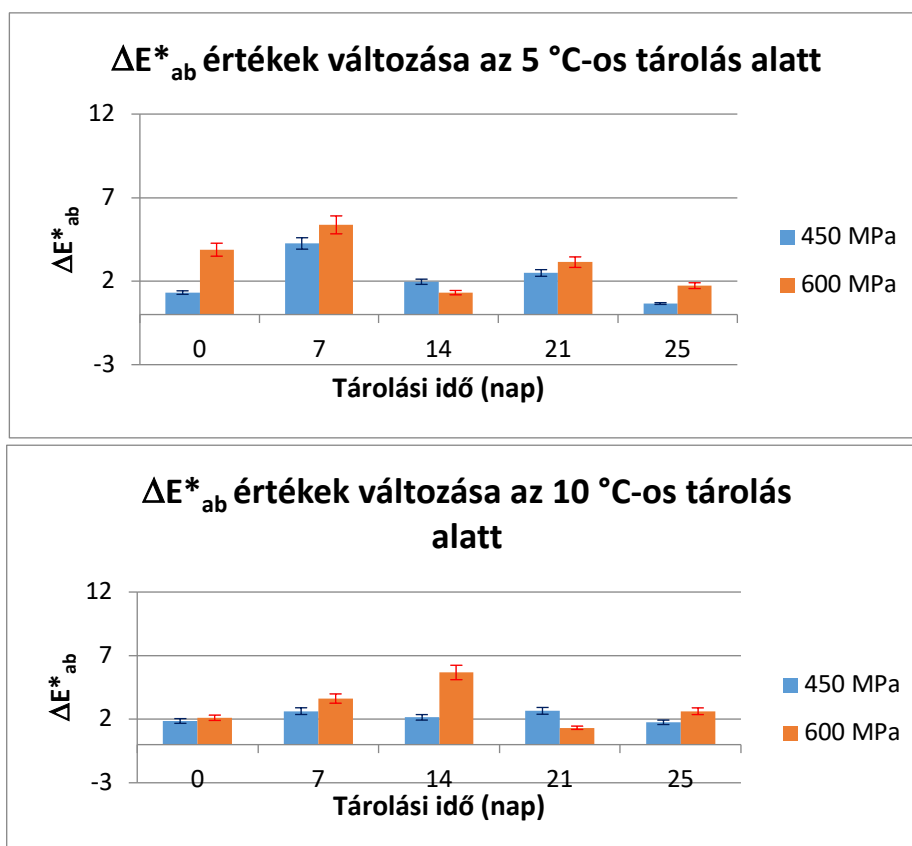
72. ábra: Az L*, a*, b* színtényezők változása a füstölt pontyfilében a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés hatására 10 °C-on történő tárolás során

A 10 °C-on tárolt füstölt pontyfilé színezetét megvizsgálva elmondható, hogy az L*, a* és b* színtényezők igen hasonló értékeket képviselnek az 5 °C-on tárolt minták eredményeihez képest, mindössze itt az értékek fluktuációja nagyobb a tárolás folyamán (72. ábra). Ugyanez a jelenség figyelhető meg a pH-érték változásában is, miszerint magasabb hőmérsékleten nagyobbak az értékbeli ingadozások mértékei, vagyis kevésbé stabil a termék. A kontroll- és a nyomáskezelt minták színváltozása között itt sem lehet számottevő különbséget megállapítani.

Az eredményeket ezek után szintén megvizsgáltam többtényezős varianciaanalízis segítségével, ahogy azt a pH-érték esetében is tettem. A kapott eredmények szerint az L*

színtényezőt mindhárom vizsgált tényező (nyomáskezelés, tárolási idő, tárolási hőmérséklet) szignifikánsan befolyásolta, azonban ezek közös interakcióinak hatása már nem nevezhető szignifikánsnak. Az r^2 értéke azonban csak 0,384, ami azt magyarázza, hogy a különböző tényezők hatása szignifikáns volt ugyan, de a teljes varianciából mindössze 38%-ot magyaráznak. Ha tüzetesebben megnézzük a diagramokat, jól látható, hogy a szignifikáns hatások ellenére lényegi változások nem történtek az L^* színtényező értékeiben a tárolás során. Az a^* színtényező értékeit egyik hatás és azok interakciója sem befolyásolta szignifikáns mértékben. A b^* színtényező esetében csak a tárolási időnek volt szignifikáns befolyása, illetve az interakciókat vizsgálva a nyomáskezelés-tárolási időnek és a nyomáskezelés-tárolási hőmérsékletnek. Azonban az $r^2 = 0,401$ itt is alacsony, vagyis ezek a változások nem tekinthetők lényegieknek.

A ΔE^*_{ab} színinger-különbségértékek képesek megmutatni számunkra, hogy a konkrét szám adatok milyen változásokat mutatnak az emberi szem számára. Először azt vizsgáltam meg, hogy maga a nagy nyomású kezelés milyen befolyással rendelkezett az egyes vizsgálati napokon a füstölt pontyfilé színezetére, vagyis minden egyes vizsgálati napon a nagy nyomással kezelt minták adatait az adott napi kontroll minta adataival hasonlítottuk össze.

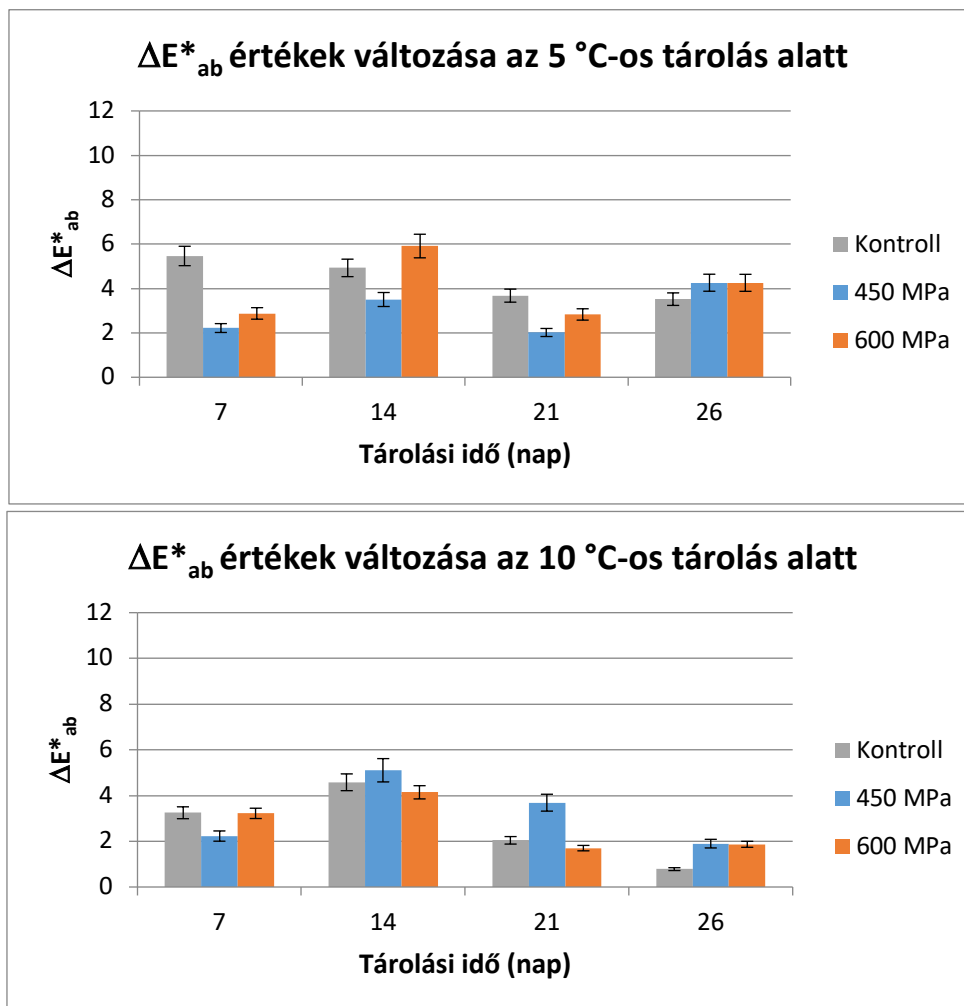


73. ábra: A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés ΔE^*_{ab} színinger-különbségre gyakorolt hatásának vizsgálata füstölt pontyfilé hűtve történő tárolása során (minden egyes vizsgálati napon a nagy nyomással kezelt minták adatait az adott napi kontroll minta adataival összehasonlítva)

A 73. ábra alapján megállapítható, hogy az 5 °C-on és a 10 °C-on történt tárolások alatt a legtöbb esetben a színinger-különbség értéke az 1,5-3 értéktartományba esik, amely az emberi szem számára a mindössze észrevehető kategóriát képviseli. Ez alól csak néhány kivételt láthatunk

a diagramokon, ugyanakkor szintén fel kell hívni a figyelmet a korábban elmondottakra, vagyis hogy a füstölt pontyfilé inhomogenitásából, illetve a mérőműszer hibájából is bevihető hiba kis mértékben befolyással lehet az adatokra, ez is szerepet játszhat a magasabb értékekben. Összességében azonban az állapítható meg, hogy maga a nyomáskezelés nem befolyásolta jelentős mértékben a minták külső megjelenését.

A 74. ábrán az adatokat egy másfajta elrendezésben vizsgáltuk, miszerint az egyes tárolási napok eredményeit mindig az azonos kezelésű minták kiindulási napi eredményeihez viszonyítottuk.



74. ábra: A hűtve történő tárolás hatásának vizsgálata a ΔE^*_{ab} színínger-különbségre nagy hidrosztatikus nyomással kezelt füstölt pontyfilén (az egyes tárolási napok eredményeit mindig az azonos kezelésű minták kiindulási napi eredményeihez viszonyítva)

Így például az 5 °C-on tárolt kontroll minták tárolási eredményeit mindig a kontroll 0. napi eredményeihez hasonlítottam, a 450 MPa-lal kezelt minták tárolási eredményeit mindig a 450 MPa-os 0. napi eredményekhez, és így tovább. Így szemrevételezhető, hogy a tárolás során milyen mértékben változott a minták színezete az egyes mintatípusok esetében. Az ábráról leolvasható, hogy már a 7. napon a kontroll- és 600 MPa-os nyomáskezelt minták mindkét tárolási hőmérsékletre tartozó ΔE^*_{ab} értékei a 3-6-ig terjedő tartományba estek, és ez az emberi szem számára a jól látható kategória. Egyedül a 450 MPa nyomáskezelt minták értékei maradtak az

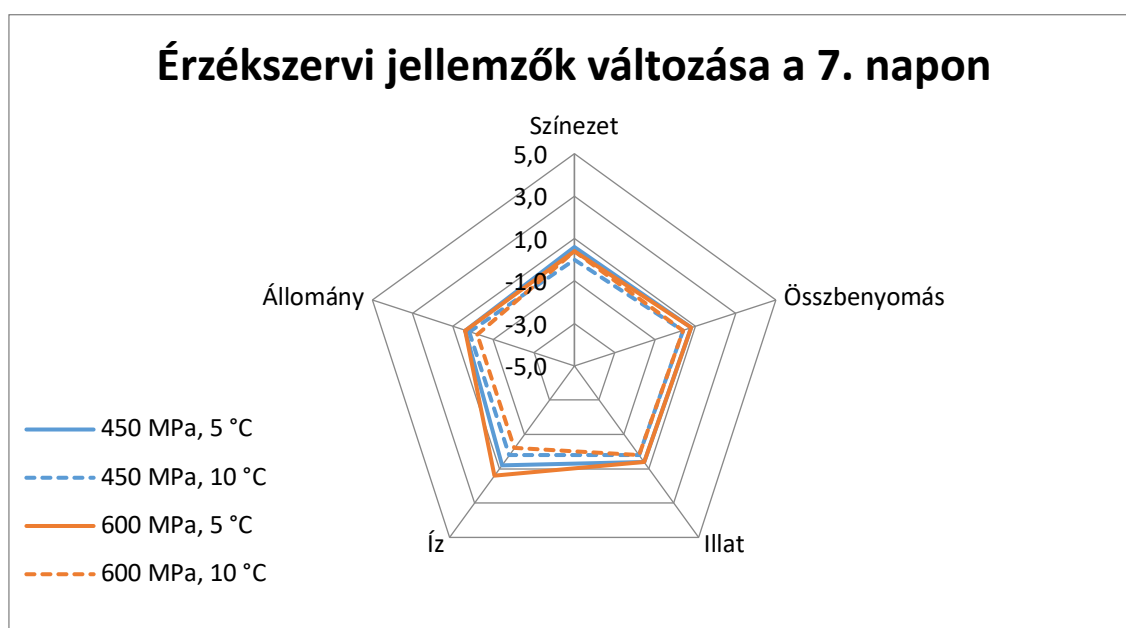
észrevehető kategóriában. A későbbi tárolás folyamán azonban már mind a kontroll, 450 MPa és 600 MPa nyomáskezelt 5 °C-on és 10 °C-on tárolt minták eredményei nagyrészt a jól látható kategóriát képviselték. Pozitívum azonban, hogy a tárolás előrehaladtával ezek az értékek nem növekedtek, inkább stagnáltak, sőt, néhol még csökkentek is. Összességében elmondható, hogy a tárolás hatását vizsgálva nem lehet egyértelmű különbséget tenni a kontroll- és nyomáskezelt minták színezetbeli változása között.

Emellett megállapítható, hogy a tárolás alatt a tárolás hatásából fakadóan nagyobb színezetbeli változást szenvedtek a minták, mint magának a nyomáskezelés hatásának köszönhetően.

5.7.4 Az érzékszervi minősítés eredményei

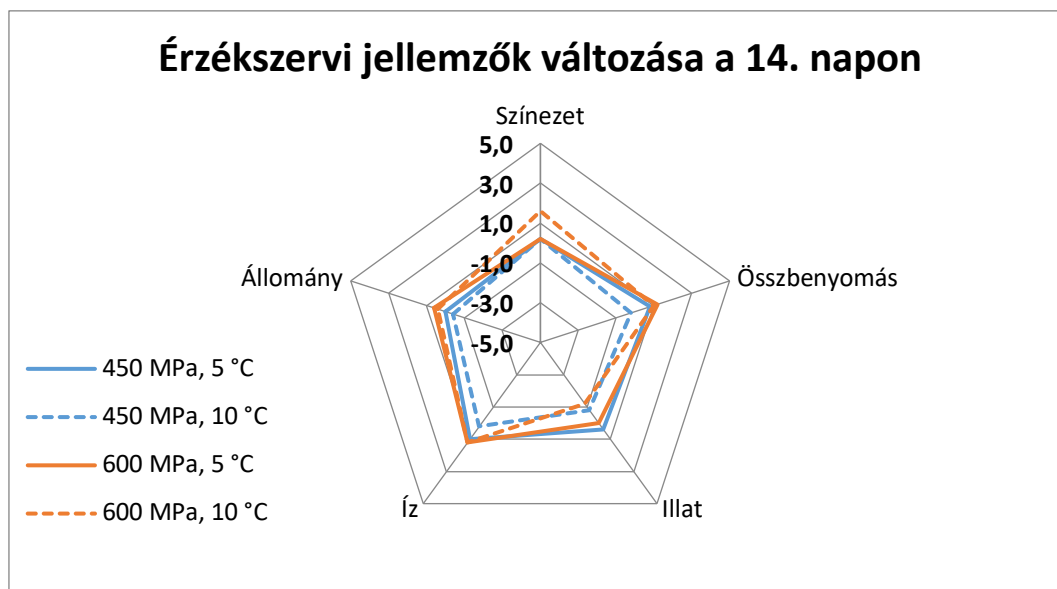
A 0. napon a bírálók tulajdonképpen lényeges változásokat nem észleltek sem a 600 Mpa-os, sem a 450 Mpa-os nyomáskezelt minták esetében. A kontroll mintához hasonlítva mindössze a 450 MPa nyomással kezelt minták illatintenzitása csökkent nagyon kis mértékben a bírálók értékelése szerint.

A 7. napi eredmények profildiagramjáról nem igazán lehet leolvasni különbségeket, a profilok szinte fedik egymást (75. ábra). Vagyis a bírálók nem érzékelték változást sem a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés, sem a tárolás hatására. Amit meg kell említenünk, hogy a kontroll minták esetében már nem mindenki kóstolt, mert volt olyan bíráló, aki savanyú illatúnak érezte, így nem tettük kötelezővé a további vizsgálatokban a kontroll minták kóstolását.



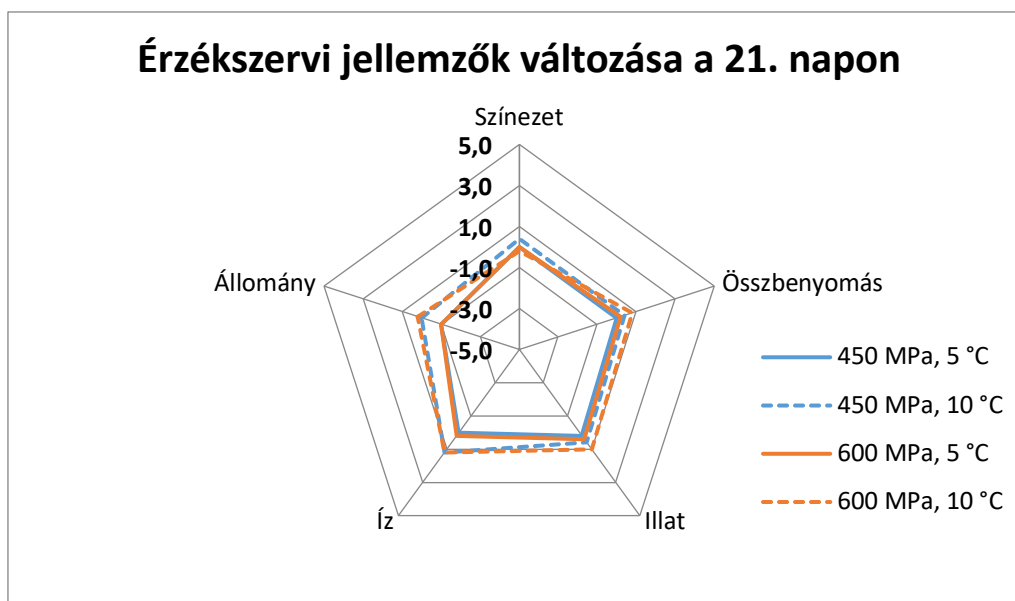
75. ábra: A füstölt pontyfilé profildiagramja a 7. napon

Azonban a bírálatokat mindig ugyanazok a személyek végezték, akik a 0. napi minták alapján már ismerhették az ízeket, így arra kértük őket, hogy a személyes preferenciájukhoz képest ítéljék meg az ízbeli tulajdonságokat a nyomáskezelt mintáknál.



76. ábra: A füstölt pontyfilé profildiagramja a 14. napon

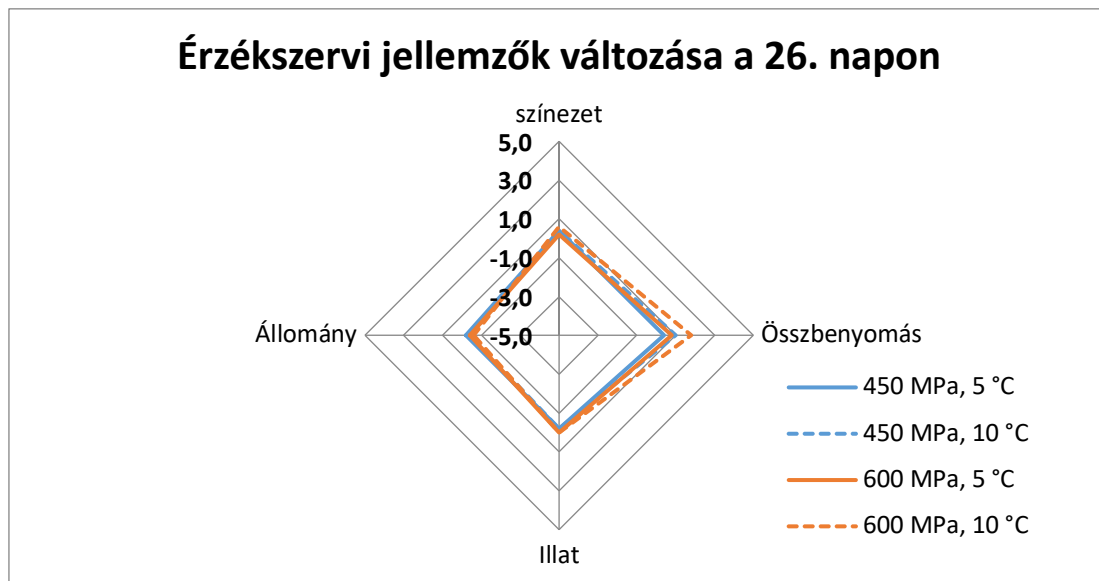
A 14. napon már több változás is megfigyelhető (76. ábra). A 600 MPa-on nyomáskezelt 10 °C-on tárolt minták színezetét intenzívebbnek találták a bírálók, míg a többit a kontrolléval megegyezőnek. A 450 MPa-on és 600 MPa-on nyomáskezelt 10 °C-on tárolt minták illatintenzitását kisebbnek értékelték, de csak kis mértékben. A többi vizsgált tulajdonság profiljai majdhogynem fedték egymást.



77. ábra: A füstölt pontyfilé profildiagramja a 21. napon

A 21. napi tesztek értékelését elvégezve azt láthatjuk (77. ábra), hogy a nyomáskezelt hűtve tárolt mintákat a kontroll mintákhoz hasonlítva a lényeges tulajdonságok között nem voltak

felfedezhetőek nagyobb eltérések. A minták íze, amely kis mértékű eltérést mutat, sajnos nem értékelhető kellőképpen a minták sajátosságából fakadóan, mivel a füstölt pontyfilé mikrobiológiai vizsgálatának eredménye az érzékszervi próba idejében még nem állt rendelkezésre, a bírálatot követően egészségügyi kockázatokkal járhatna.

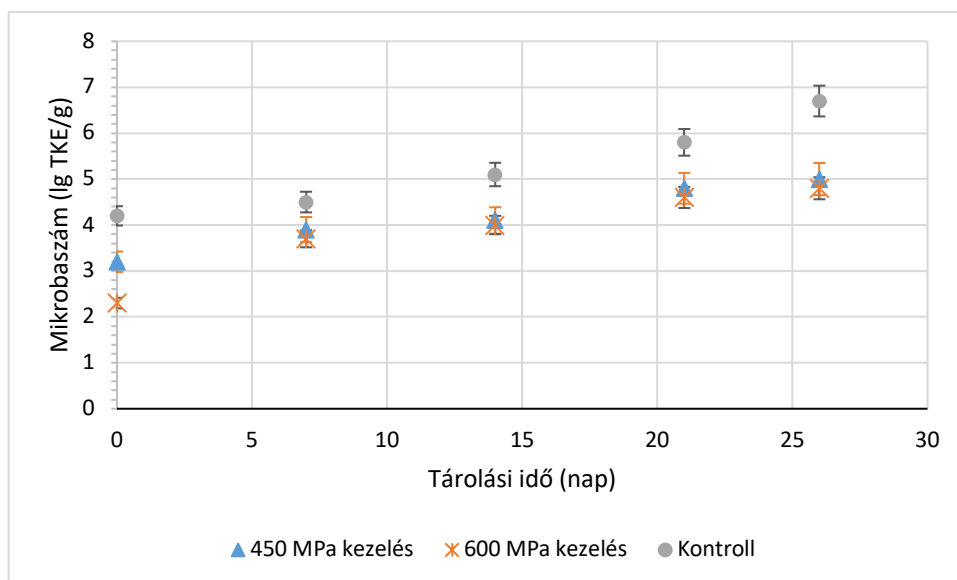


78. ábra: A füstölt pontyfilé profildiagramja a 26. napon

Mivel már a 21. napi tárolás eredményeinél megjegyezték a bírálók, hogy néhol mellékízeket, mellékillatokat fedeztek fel, úgy döntöttem, hogy a mikrobiológiai romlás gyanúja miatt előrébb hozom a mérést a 26. napra. Azonban a 26. napon a bírálók már úgy értékelték, hogy a nyomáskezelt minták illata is kissé savanyú minden esetben, így a kóstolást teljesen elvettem, vagyis még a bírálók kontroll mintához történő hasonlítás nélküli szubjektív megítéléséről sem kaptam információt (78. ábra). Emellett a kontroll minták csomagolásán kismértékű puffadás volt felfedezhető, ami egyértelműen a romlás jele vákuumcsomagolás esetén, feltételezhetően bomlási folyamatok, illetve gázképző mikroorganizmusok tevékenysége. A többi vizsgált tulajdonság esetében azonban nem találtak eltéréseket a fogyasztók, ez alól mindössze egy kivétel akadt, a 600 MPa-os nyomáskezelt 10 °C-on tárolt minták, ezek összbenyomását kis mértékben jobbnak ítélték meg a bírálók.

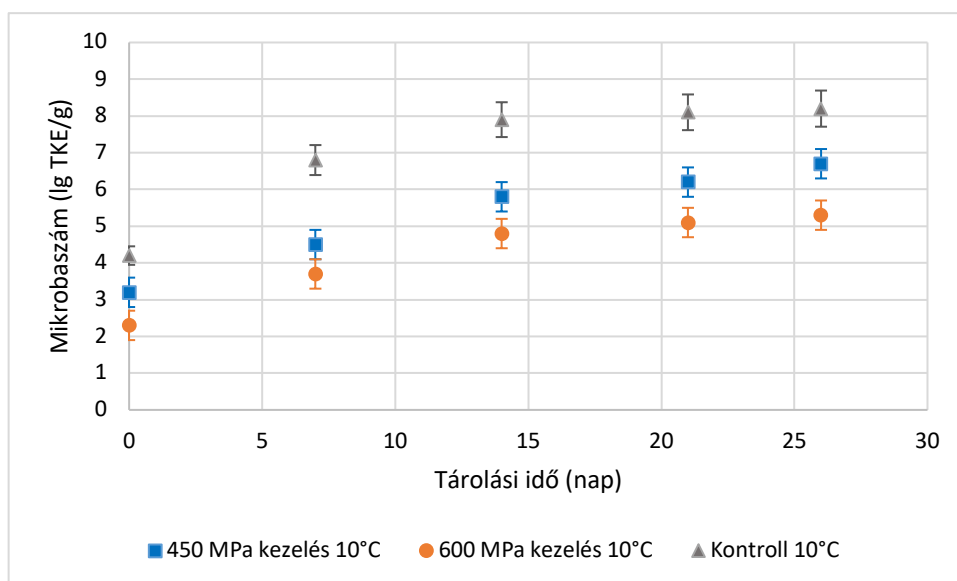
5.7.5 A mikrobiológiai vizsgálatok eredményei

A 0. napon a nyomáskezeléseknek köszönhetően sikerült csökkenteni a minták kezdeti mikrobaszámát. A kontroll mintához képest a 450 MPa-os nyomáskezelés 1 nagyságrenddel, míg a 600 MPa-os nyomáskezelés 2 nagyságrenddel csökkentette a kezdeti csíraszámot.



79. ábra: A füstölt pontyfilé mikrobiológiai változása az 5 °C-on történő tárolás során

A tárolás során jól elkülöníthető a kontroll minta eredményeitől a nyomáskezelteké. Érdekes azonban, hogy a tárolás során a 450 MPa-os és 600 MPa-os nyomáskezelte minták mikrobiológiai állapota között nincs drasztikus eltérés (79. ábra). Ezek a tárolás végére nem érték el az $N = 10^5$ TKE/g nagyságrendű mikrobaszámot, míg a kontroll- majd két nagyságrenddel felülmúlta ezt, de még nem érte el az $N = 10^7$ TKE/g értéket.



80. ábra: A füstölt pontyfilé mikrobiológiai változása a 10 °C-on történő tárolás során

Ezzel szemben a 10 °C-on tárolt kontroll minták mikrobiológiai eredményei már a 7. napon elérték az $N = 10^7$ TKE/g mikrobaszámot (80. ábra). Korábban említettem, hogy az érzékszervi minősítések során a bírálók jelezték, hogy a 10 °C-on tárolt kontroll minta már a romlás tulajdonságait mutatta, savanyú volt az illata, így el is tekintettem a kóstolástól. A tárolás utolsó napján már az összes minta kóstolását elvettem, illetve az érzékszervi megítélést egyeztetve a mikrobiológiai vizsgálatok eredményeivel a 450 MPa-os nyomáskezelte minták a tárolás utolsó

napján mutattak ehhez hasonló mikrobiológiai állapotot, és a 600 MPa-os nyomáskezelt minták értékei is egy nagyságrenddel maradtak el. Összességében azonban jól látható a nyomáskezelésből adódó kedvezőbb mikrobiológiai minősége a mintáknak végig a tárolás során. A 450 MPa-os nyomáskezelt mintákhoz képest a 10 °C-on történő tárolás folyamán a 600 MPa-os nyomáskezelt minták végig körülbelül egy nagyságrenddel alacsonyabb mikrobaszámot mutattak, vagyis a 600 MPa-on történő nyomáskezeléssel kedvezőbb eredményeket tudtunk elérni.

5.8 Új tudományos eredmények

1. A ponty lehalászásának és élve szállításának vizsgálata során, a halhús kortizolhormontartalmának, állományának, színének és víztartókéességének változása alapján megállapítottam, hogy a lehalászás és élve szállítás okozta fokozott stressz a halhús kortizolhormon-szintjét háromszorosára növeli, állományát, színét és víztartó képességét szignifikánsan rontja. Szoros kapcsolat van a kortizolhormon-koncentráció és a húsminőségi paraméterek, – mint az állomány, szín és víztartó képesség – között. Megállapítottam, hogy a stresszhatást követően a ponty vágását megelőző 48 órás pihentetés szükséges állandó víz hőmérséklet és napi 10% vízcsere mellett ahhoz, hogy a legkisebb kortizolhormon-szintet és legkedvezőbb húsminőséget érjük el.
2. A pontyhúsban az ATP enzimes bomlása során az IMP, inozin és hypoxantin és e vegyületek arányából számolt K index esetében megállapítottam, hogy a központi idegrendszer gyors mechanikus roncsolása (ikejime kábítási technológia) alkalmazásakor a K index érték a tárolás ideje alatt 10%-al alacsonyabb marad, mint az elektromos kábítás alkalmazása esetében. Tehát a gyors mechanikus kábítás alkalmazásával az IMP koncentráció szignifikánsan nagyobb, és a kellemetlen mellékíz okozó hypoxantin koncentrációja szignifikánsan kisebb. Így a vágást követően a pontyhúsban a pre rigor fázis elnyúlik, lassabban áll be a rigor-mortis, a pontyhús autolitikus bomlás tekintetében hosszabb ideig eltartható.
3. A ponty vágását követő hűtési technológiák összehasonlítása esetében megállapítottam, hogy a jeges vizes hűtés a 20 °C hőmérsékletű vágott pontytestet 90 perc alatt, míg a levegős hűtés 16 óra alatt csökkenti 2°C alá. A hűtés módjának a halhús IMP, inozin és hypoxantin koncentrációra gyakorolt hatása és ezen vegyületek arányából számolt K index értékének változása alapján megállapítottam, hogy a pontytest gyorsabb jeges vizes hűtése a foszfatáz enzim működését a kezdeti fázisban szignifikánsan lassítja. Ez a ponty húsának eltarthatóságát az autolitikus bomlás szempontjából 3-4 nappal meghosszabbíthatja, valamint a halhús íz, szín, állomány jellemzőit szignifikánsan kedvezően befolyásolja.

4. A pontyhús elektrolizált aktív vízzel 30 másodperc és 10 perc közötti időintervallumban, 60-180 ppm közötti kloridion-koncentrációval végzett kezelések mátrixában a minták mikrobiológiai mérése alapján megállapítottam, hogy a kloridion-koncentráció a kezelést követően szignifikánsan, egy nagyságrendet meghaladóan csökkenti a halhús felületén jelen lévő mikrobák összcsíraszámát. A vizsgált tartományban a kezelési időnek nincs szignifikáns hatása a vizsgált mikroorganizmusok csíraszámára.
5. A pontyhús anionos (pH 2,5) 100 ppm kloridion-koncentrációjú, 5 perc időtartamú A pontyhús anionos (pH 2,5) 100 ppm kloridion-koncentrációjú, 5 perc időtartamú elektrolizált aktív vizes és 2%-os koncentrációjú tejsav, valamint 0,5% koncentrációjú lizozimenzim-oldatok kombinációival való kezelése során megállapítottam, hogy a fizikai és érzékszervi tulajdonságok szignifikáns változása nélkül a kontroll mintákhoz képest a pontyfilé felületén található mikrobák 2,5-3 nagyságrendnyi csíraszám csökkentése érhető el. A kémiai hatás tekintetében a kezelés az EFSA által élelmiszerekre vonatkozóan javasolt 0,7 mg/kg elméleti határérték (MRL) alatti 0,29 mg/kg klorát- illetve 0,013 mg/kg perklorát tartalmat az aktív vizes kezelés és a lizozim enzim, illetve tejsavas kezelések közé iktatott csapvizes öblítés eredményez, a kezelések 1,5-2 nagyságrendnyi, szignifikáns csíraszámcsökkentő hatásának megőrzése mellett. *Palotás, Péter*; *Palotás, Péter; Jónás, Gábor; Lehel, József; Friedrich, László; Preservative Effect of Novel Combined Treatment with Electrolyzed Active Water and Lysozyme Enzyme to Increase the Storage Life of Vacuum-Packaged Carp; JOURNAL OF FOOD QUALITY 2020 Paper: 4861471, 7 p. (2020) DOI WoS*
6. Pontyfilén és melegen füstölt pontyfilé 150-600 MPa értékek között végzett nagy hidrosztatikai nyomáskezelés (HHP) valamint 100 ppm kloridion-koncentrációjú anionos (2,5 pH) elektrolizált aktív vizes kombinációban végzett kezelés mikrobiológiai, kémiai, fizikai és érzékszervi vizsgálatai alapján megállapítottam, hogy a pontyhús HHP kezelése 250 MPa fölött additív hatással van a mikroba pusztulásra, de hátrányosan hat a nyers pontyfilé érzékszervi megítélésére. A melegen füstölt (60 °C, 90 perc) pontyfilé esetében a fehérje denaturalizáció a füstölési eljárás során már végbemegy, így a 600 MPa-n végzett HHP kezelés, érzékszervi és fizikai tulajdonságaiban szignifikáns változás nélkül, mikrobiológiailag 21 napot meghaladóan stabil halfilét eredményez. *Salamon, B.; Tóth, A.; Palotás, P.; Südi, G.; Csehi, B.; Németh, Cs.; Friedrich, L.; Effect of high hydrostatic pressure (HHP) processing on organoleptic properties and shelf life of fish salad with mayonnaise; ACTA ALIMENTARIA: AN INTERNATIONAL JOURNAL OF FOOD SCIENCE 45: 4 pp. 558-564., 7 p. (2016)*

6. Következtetések és a javaslatok

A halmájban mért glikogén mennyisége arra utal, hogy halhúsban jelentősebb glikogén raktározódik, mint a halmájban, és stressz hatására elsődlegesen a halhúsban lévő glikogén kerül felhasználásra. A mérési eredmények alapján a halak vágás előtti pihentetése, a stressz csökkentése céljából, nagyobb szerepet játszik a vágást követően kialakuló halhússzínezetben, mint a szállítás időtartama. A halhús színe és megjelenése nemcsak abban az esetben kiemelt jelentőségű, ha a hal húsát frissen, további feldolgozás nélküli értékesítésre szánják, hanem akkor is, ha előkészített termék előállítására használják fel. A szállítás időtartamait tekintve jelentős különbség volt a halhúsok állományában. A hosszú ideig tartó szállítás okozta stressz hatásának kitett halak húsa kétszer olyan keménynek bizonyult, mint a rövid ideig szállított egyedeké. Javasolom, a szállítási stressz okozta minőségvesztés kiküszöbölése érdekében a kimondottan előnyös, közvetlenül lehalászás utáni feldolgozás alkalmazását, illetve a hosszú szállítás utáni 48 órás pihentetési idő alkalmazását a vágás és feldolgozás előtt.

Az ikejime vágástechnológia alkalmazása ponty esetében előnnyel jár, mégpedig azért, mert a húsalkotó fehérjék autolitikus degradációja lassabban zajlik le, ezáltal a hús frissességét mérő K index értéke is alacsonyabb lett, mint az elektromosan kábított ponty esetében, valamint a hús IMP-tartalma is végig magasabb volt a tárolás során. Javasolom az ikejime kábítás alkalmazását a vágástechnológia során a minőségileg kedvezőbb halhús előállítása végett.

Megállapítottam, hogy a ponty (*Cyprinus carpio*) húsának frissességét jelző K index más, tengeri halfajokéhoz képest magasabb kiinduló értékkel bír. Az eredmény alátámasztja azt a tapasztalati tényt, hogy a ponty húsa általánosságban rövidebb ideig őrzi meg a tárolás alatt a fogyaszthatóság érzetét keltő organoleptikus tulajdonságait. Az eredményeink alapján, mindenképpen javasolom a feldolgozási technológia lépéseibe beilleszteni a vágást követő azonnali jeges vizes hűtést, mert a módszer bizonyítottan lelassítja az eltarthatóságot befolyásoló autolitikus bomlást, ezáltal megnövelve a termékek eltarthatósági idejét. A NOVOCIB PRECICE® Freshness Assay Kit alkalmazása a minőség-ellenőrzésben is objektív mérési módszerként alkalmazható. Javasolom további vizsgálatok során a pontyhús K indexének kalibrációs görbéjét más módszerekkel meghatározott – úgymint TVB-N és organoleptikus vizsgálat eredményeivel összevetni.

A 60:40 arányban kevert, semleges pH-közeli kémhatású elektrolizált aktív víz lizozim enzimes és tejsavas felületkezeléssel való kombinálása hatékonyan csökkenti a pontyhús felületén a romlást előidéző mikroorganizmusok számát. A két kezelés kombinálása járulékos előnyökkel jár, és az eljárás az ultrafriss termékek eltarthatóságát 6 nappal meghosszabbíthatja, így ipari alkalmazása jelentős gazdasági előnyökkel járhat, de a maradék klorát mennyisége meghaladja az egészségügyi határértéket zárt vákuumsomagolásban tárolt körülmények között.

A savas víz önmagában vagy más anyagokkal kombinálva meghosszabbíthatja a pontyfilé eltarthatóságát mikrobiológiai szempontból, de a maradék klorát mennyisége meghaladja az egészségügyi határértéket zárt vákuumcsomagolásban tárolt körülmények között. Bár a minták mosása a savas elektrolizált aktív vizes kezelés után alacsonyabb hatékonyságot eredményezett, a minták maradékklorát-tartalma az EFSA által élelmiszerek esetében javasolt (EFSA, 2015) elméleti küszöbérték alatt volt. Továbbá a lizozim enzim és a tejsav alkalmazása sikeresen kompenzálta a mosás eredményeként fellépő hatékonyságcsökkenést. Javasolom további vizsgálatokat végezni a savas, aktív vizes alkalmazási módszer optimalizálása érdekében, különös tekintettel annak meghosszabbított eltarthatóságra gyakorolt hatására és a küszöbértéket meghaladó maradék klorát mennyiségére.

A pontyfilé nagy hidrosztatikai nyomáskezelése során elmondható, hogy az optimális nyomáskezelési mérték és idő a pontyfilék esetében a 250 MPa, 5 perc alkalmazása, mivel ezeknek a paramétereknek a megválasztásával kedvező külső megjelenést kaphatunk a halfilék számára, a termék lé- és hőkezelési vesztesége lecsökken, illetve mikrobiológiai szempontból stabilabb, hosszabb ideig eltartható terméket állíthatunk elő. A HHP-kezelés nem alkalmas azonban ultrafriss halászati termékek eltarthatóságának jelentős növelésére, mert az eltarthatóságot kielégítő mértékben meghosszabbítani képes HHP-kezelés nem lehetséges az érzékszervi tulajdonságok megváltoztatása nélkül.

Megállapítható, hogy míg a nagynyomású nyomáskezelés a friss halászati termékek esetében negatív hatással volt az érzékszervi tulajdonságokra, a késztermék kezelése esetében előnyös hatással volt a fogyasztói értékelésekre. A 600 MPa-on végzett nyomáskezelés jelentősen meghosszabbította a füstölt pontyfilé eltarthatóságát. A kísérleti eredmények alapján javasolom a HHP technológia halfeldolgozásban történő alkalmazását, amely gazdasági előnyökkel járhat, olyan késztermékek kezelése esetén, amelyek érzékszervi tulajdonságait a kezelés nem tudja negatívan befolyásolni.

7. Összefoglalás

Kutatásom során arra kerestem a választ, hogy az iparban kevésbé elterjedt, viszonylag újabb technológiák alkalmazásával jelentősen javítható-e a haltermékek frissessége, érzékszervi és mikrobiológiai minősége. A kutatás kiterjedt az élő hal szállításától és vágásától a halból előállított késztermék kezeléséig.

Az első kísérlet során az élő hal lehalászásának, szállításának és pihentetésének hatását vizsgáltam a halhús minőségi mutatóira nézve. E célból az Akasztói Halgazdaság (Akasztó) és a Fishmarket Kft. (Budaörs) között végeztem lehalászástól feldolgozásig terjedő szállítási kísérletet, amelynek egyes műveleti fázisaiban végzett halvágást követően vizsgáltuk a halhús objektív színét CIELab színingertérben, a végső pH- és glikogéntartalom, a keménység (F, N) és a víztartó képesség (VTK, mm²/g) alakulását. A szállítás okozta stressz vizsgálatának céljából mérés tárgyát képezte még a halhús és halmáj glikogén-, kortizol-, és kortizontartalma is. A vágás előtti pihentetés hatására a halak húsa világosabb és vörösebb, vagyis élénkebb megjelenésű lett, mint a pihentetés nélkül vágott egyedeké. A mérési eredmények alapján a halak vágás előtti, stresszcsökkentés céljából végzett pihentetése nagyobb szerepűnek bizonyult a halhús színezetében, mint a szállítás időtartama. A halhúsban mért végső pH-értékek negatív korrelációt mutattak a halhúsban mért glikogén mennyiségével. A szállítás időtartamait tekintve jelentős különbség volt a halhúsok állományában. A hosszú ideig tartó szállítás okozta stresszhatásnak kitett halak húsa kétszer olyan keménynek bizonyult, mint a rövid ideig szállított egyedek húsa. A legnagyobb mennyiségű glikogént a lehalászást követően a helyszínen lévő halfeldolgozó üzemben vágott halhúsban mértem (2,6 mg/kg). A stresszhormonnak is nevezett kortizol mennyiségében a hosszú távú szállítás esetén volt látható kiugróan magas érték (124,7 µg/kg), ami a szállítás során elszenvedett stressz hatásával hozható összefüggésbe. A halmájban mért glikogén mennyisége 0,1-0,3 mg/kg értéket mutatott, ami arra utal, hogy a halhúsban jelentősebb glikogén raktározódik, mint a halmájban, és stressz hatására elsődlegesen a halhúsban lévő glikogén kerül felhasználásra.

A második kísérlet során arra kerestem a választ, hogy az olyan kíméletes vágástechnológiák alkalmazása során, ahol a kábítás elektromos sokkolással vagy a japán ikejime módszerrel történik, hogyan változik a halhús frissessége, valamint hatással vannak-e a fontosabb minőségi paraméterekre. Továbbá megvizsgáltam, hogy a jelenleg az iparban alkalmazott léghűtéses technológiával szemben a frissen vágott haltestek jeges vízzel való gyors hűtése milyen hatással van a halhús frissességére. Ehhez a színezet és pH-érték alakulását, gélelektroforézis segítségével a szarkoplazma változásait, valamint az ATP-bomlás degradációs termékeinek mennyiségbeli változását követtem nyomon.

A színezetvizsgálat eredményei szerint az L* világossági szintényező értékei magasabbak voltak az ikejime kábítás esetén, vagyis a halhús színezete világosabbnak mutatkozott. Ez kifejezetten kedvező lehet, mivel a halfilékre általánosságban is jellemző a világos szín, amely a fogyasztóban a friss termék látszatát kelti. Az a* szintényező értékei hasonlóan magasabbak voltak az ikejime kábítás esetében, vagyis a halhús színpontja a színtérben jobban beleesett a vörös tartományba. A b* szintényező esetében nem lehetett ilyen egyértelmű változásokat megfigyelni.

A pH-érték vizsgálata során az ikejime kábítás esetében magasabbak voltak az értékek, különösen az első fél, egy órában, ez kedvező lehet a frissesség szempontjából. A tárolás során azonban az értékek kiegyenlítődtek, illetve azonos módon változtak, jelentős különbségeket nem lehetett észrevenni. A szín- és pH-értékek esetében azonban megemlítendő, hogy az egyes halegyedek között igen nagy eltérések adódhatnak, így a vizsgálatok többször ismételt elvégzésével, valamint az eredmények validálásával lehet csak egyértelműen biztos következtetéseket levonni.

A szarkoplazma oldható fehérjéi a sejt fehérjéinek nagy hányadát képezik. A szarkoplazma-fehérjék nagy része enzim, amelyek energiatermelő folyamatokat katalizálnak. A szarkoplazma-fehérjék legjelentősebb fehérjéi a miooglobin és a hemoglobin, ezek adják a húsok színét, így élelmiszeripari szempontból kiemelten fontosak. A két minta között jelentős különbséget nem tapasztaltunk a vizsgált szarkoplazma-fehérjékben gélelektroforézis segítségével.

Az ikejime vágástechnológia alkalmazása ponty esetében előnnyel jár, mégpedig a húsalkotó fehérjék autolitikus degradációja lassabban zajlik le, ezáltal a hús frissességét mérő K index értéke is alacsonyabb lett, mint az elektromosan kábított ponty esetében, valamint a hús IMP-tartalma is végig magasabb volt a tárolás során. A fentiek alapján javaslom az ikejime kábítás alkalmazását a vágástechnológia során a minőségileg kedvezőbb halhús előállítás érdekében.

Az elektrolizált aktív vízzel végzett kísérletek célja egy, a halfeldolgozásban ultrafriss termékek gyártására alkalmas, új, kíméletes feldolgozási technológia kidolgozásának megalapozása volt. Az elvégzett vizsgálatokkal arra kerestem a választ, hogy a halfeldolgozás technológiájában kritikus problémát jelentő mikrobás szennyezettség csökkenthető-e szignifikáns mértékben az élelmiszeriparban még egyébként kevés területen alkalmazott elektrolizált aktív vizes kezeléssel. Alapvető fontosságú kérdés volt annak bizonyítása, hogy a halászati termékeken jellemzően megjelenő mikrobák szaporodására gátló hatással van a kezelés.

A vizsgálat mikrobiológiai eredményei igazolták, hogy az elektrolizált aktív víz hatékonyan csökkenti a halhús felületén a mikrobaszámot, és hatékonyan alkalmazható az olyan humán patogénnel szemben is, mint a *Salmonella typhimurium* és a *Listeria monocytogenes*, továbbá bebizonyosodott, hogy a klórkoncentráció és behatási idő tényezők közül szignifikáns hatással a koncentráció van a kezelés eredményére. Post-hoc teszttel elemezve az adatokat a hígítási sorból

és kezelési idő kísérleti mátrixából a 120 ppm klórkoncentrációjú aktív víz bizonyult a leghatékonyabbnak.

A technológia gyakorlati használhatóságát tárolási próbával ellenőriztem. A vizsgálat célja az volt, hogy a kezelés azonnali csíraszámcsökkentő hatása az ultrafriss halhús tárolása alatt is kifejti-e gátló hatását. Vizsgáltam továbbá két különböző gyártótól származó aktív víz generátorából származó szer hatékonyságát is. Kijelenthetem, hogy az elektrolizált oxidáló vizes kezelés gátló hatással van a halhús felületén jelen lévő mikrobák szaporodására. A tárolási próba alatt IgN 0,6–1,04 volt a különbség a kontrollhoz képest a szerrel kezelt termék javára. A szer hatékonyságát csak az egyik gyártó készülékéből származó víz esetében tudtam szignifikánsan igazolni. Ez arra utalhat, hogy az előre gyártott elektrolizált aktív víz idővel veszít a hatékonyságából. A vizsgálathoz használt kevert aktív víz Németországból, a gyártást követően 48 órával került felhasználásra, és a szállítási körülményei is bizonytalanok. Az elektrolizált aktív víz hatékony alkalmazása érdekében célszerű azt helyben legyártani.

Bár bebizonyosodott, hogy az elektrolizált aktív víz szignifikánsan növeli a pontyhús eltarthatóságát, a kezelés csak egy nagyságrendnyi csökkenést okozott a hal összcsíraszámában. A következő kísérlet célja, hogy a pontyfilé eltarthatósági idejét kombinált kezelésekkel próbáljuk megnövelni elektrolizált aktív víz és lizozim enzim, valamint tejsav alkalmazásával. Pontyból származó friss bőrös filéket 100 ppm klorid-ion koncentrációjú anionos és kationos elektrolizált aktív víz 60:40 % arányú keverékével és 0,5% koncentrációjú lizozim enzim, valamint 2%-os tejsavoldattal, illetve anionos elektrolizált aktív vízzel és 0,5%-os lizozim enzim, valamint 2%-os tejsavoldattal kezeltem. A mintákat a tárolási próba alatt kémiai (TBA, klorát), mikrobiológiai (összes mikrobaszám) és organoleptikus vizsgálatoknak vetettük alá, hogy megvizsgáljuk az új kombinált eljárás eltarthatóságra és húsminőségre gyakorolt hatását 2 °C hőmérsékleten való tárolás mellett. A mikrobiológiai vizsgálatok alapján egyértelműen kijelenthetem, hogy a kombinált felületkezelés hatására a bőrös halfilé eltarthatóságát sikerült 4 napról 10 napra növelni a kontrollmintákhoz képest. Az érzékszervi próbák alapján a 100 ppm klorid-ion koncentrációjú anionos és kationos víz 60:40% arányú keverékével végzett kezelés nem okoz szignifikáns változást a halhús minőségi paramétereiben, szemben a 100 ppm klorid-ion koncentrációjú savas vizes kezeléssel. Ez utóbbi esetben a maradék klorát szintje a megengedett határérték felett észlelhető a kezelt termékben.

A következő kísérlet során arra kerestem a választ, hogy a savas elektrolizált aktív vizes kezelés után alkalmazott tiszta vizes mosás csökkentheti-e a maradék klorát és perklorát mennyiségét, illetve a tejsav vagy a lizozim enzim kompenzálja-e a mosásból fakadó veszteséget a kezelés hatékonyságában.

A kontrollcsoportozhoz a kezeletlen szeleteket PP fóliákba vákuumcsomagoltam. A második csoportot csapvízzel mostam. A harmadik csoportot 100 mg/kg klór-ion koncentrációjú savas (pH = 2,5) elektrolizált aktív vízzel kezeltem, amit REDO Pure 250 aktív vízgenerátorral állítottam elő. A halfiléket öt percre 25 liter aktív vízbe helyeztem, és percenként kevertem. A negyedik csoportot az elektrolizált savas aktív vizes kezelés után csapvízzel lemostam. Az ötödik csoportot savas elektrolizált vízbe helyeztem, majd felületüket 0,5% lizozim enzimmal permeteztem. A hatodik csoportot savas elektrolizált vízbe helyeztem, csapvízzel mostam, majd lizozim enzimes oldattal kezeltem. A hetedik csoportot a savas elektrolizált aktív vizes kezelés után 2%-os tejsavoldattal permeteztem. A nyolcadik csoportot savas elektrolizált vízbe helyeztem, csapvízzel mostam, majd tejsavas oldattal kezeltem.

Mind a savas elektrolizált aktív víz, mind a kombinált kezelés hatékonyan növelte a minták tárolási idejét, 2,4-3,1 log TKE/g különbséget okozva a kontrollhoz képest a 7 napos tárolás végére. A mért maradékklorát-tartalom meghaladta a törvényes küszöböt, de a minták mosása az EFSA által élelmiszerek esetében javasolt (EFSA,2015) elméleti küszöbérték alatt maradt értékeket eredményezett. Az alkalmazott tartósítási módszerek nem voltak káros hatással a minták érzékszervi tulajdonságaira. A kombinált kezelés alkalmazása hatékonyan kompenzálta a mosás okozta hatékonyságcsökkenést.

Az elektrolizált aktív vizes kezeléshez hasonlóan a nagy hidrosztatikai nyomáskezelés is egy újabb, még kevésbé elterjedt kezelési mód. Ebben a kísérletsorozatban ennek a kezelésnek a halhúsra gyakorolt hatását vizsgáltuk. Ennek során annak a megfelelő nyomáskezelési időértéknek a megválasztását kerestük, amely érzékszervi és szerkezetbeli változásokat nem okoz a halfiléken, azok megőrzik természetes frissességüket, ugyanakkor lehetséges a minőségmegőrzési idő megnövelése. A kísérletek elvégzése során folyamatosan vizsgáltuk a nyomáskezelt halfilékek legfőbb minőségi paramétereit: a pH-értéket, színezetet, a léveszteséget, a sülési veszteséget, az összcsíraszám-változást és a fehérjeszerkezetbeli átalakulásokat.

Az első kísérletsorozat eredményei alapján a 400 és 600 MPa nyomásértékeken végzett kezeléseket már jelentősen megváltoztatják a halfilékek minőségét, azok elveszítik eredeti frissességüket és vizuális élvezeti értékük is nagymértékben csökken. Emellett jelentős léveszteséget is szenvednek a kezeléseket és a sütés során. Azonban ettől alacsonyabb nyomáskezelések alkalmazásával elérhetjük a kívánt eredményt. Az elektrolizált aktív vízzel történő kombinált kezelés mikrobaszámra gyakorolt azonnali hatásának vizsgálatából kiderült, hogy a nyomás növelésével a kezelés mikrobapusztító hatása is szignifikánsan nő, továbbá a kezelés elektrolizált aktív vízzel történő kombinálása tovább növeli a kezelés hatásosságát.

A második kísérletsorozatban, ahol a korábban megállapított lehetséges nyomástartományt vizsgáltam részletesebben, azt tapasztaltuk, hogy 250 MPa-ig a halfilékek külső megjelenése és

fehérjeszerkezete nem változik jelentősen, de mikrobiológiai szempontból érdekesebb minél magasabb nyomásértéket alkalmazni, mivel annál hatékonyabb a mikrobapusztító hatás.

A harmadik kísérletsorozatban épp ezért beiktattam még egy rövidebb nyomáskezelési idejű sorozatot is (2 perc), hogy megvizsgáljam, elérhető-e a kívánt mikrobiológiai stabilitás a frissesség megtartásával. A vizsgálati eredmények szerint a nyomáskezelések során az alkalmazott nyomásértékek sokkal inkább befolyásoló szereppel bírnak a halfilékben bekövetkező változásokra, mint a nyomáskezelések időtartama. A halfilék külső megjelenése egészen 250 MPa-ig csak minimálisan változott. Kijelenthető, hogy ezeknek a paramétereknek az alkalmazásával az egyes minőségi paraméterekben még nem történtek számottevő változások, azonban a mikrobiológiai stabilitást jelentősen növelni tudtam.

A negyedik kísérletsorozatban mindezek alapján a 250 MPa nyomáson végzett 5 perces tartó kezelést választottam a tárolási próba elvégzéséhez. A tárolást csomagolás nélkül 5 napig, vákuumcsomagolt halfilék esetében 10 napig végeztem. A csomagolás nélküli halak esetében igazán jelentős változások nem történtek a minőségi paraméterekben, a léveszteség azonban még itt is magas volt. A 10 napos vákuumcsomagolt tárolás során a léveszteség mértéke csökkent, illetve a minőségi paraméterek szintén a halfilék friss jellegét sugallták.

A mikrobiológiai vizsgálat eredményei alátámasztják a szakirodalomban leírtakat, ennek megfelelően a HHP-eljárás 2 nagyságrenddel lecsökkentette a kiindulási állapothoz képest az aerob összes csíraszámot. Megfigyelhető, hogy a csomagolás nélküli tárolásnál 5 napig kis mértékben emelkedik a kezelés hatására a csíraszám, de nem haladja meg még az egy nagyságrendet sem. A mikrobaszám vákuumcsomagolt halfilék esetében azonban 10 nap alatt szinte nem emelkedett. Így megállapítható, hogy az eljárás eredményeként meghosszabbíthatóvá válik az eltarthatósági idő mind csomagolás nélkül tárolt, mind vákuumcsomagolt halak esetében.

Az előző kísérletsorozat során kiderült, hogy a HHP-kezelés nem alkalmas ultrafriss halászati termékek kezelésére az organoleptikus tulajdonságok megváltoztatása nélkül. Ennek a kísérletsorozatnak a célja, hogy megvizsgáljuk a HHP-kezelés hatását késztermék eltarthatóságának meghosszabbítására. A kísérletet füstölt pontyfilén végeztem.

A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés hatását megvizsgálva elmondható, hogy közvetlenül a kezelésekre hatására nem következtek be lényegi változások a füstölt pontyfilé minőségi tényezőiben. A pH-értékek esetében a 600 MPa-os nyomáskezelés emelte csak meg kis mértékben a halfilé pH-értékét. Emellett viszont a tárolás során a kontroll minták pH-értéke a 7. napot követően jelentősen lecsökkent, míg a nyomáskezelt minták (450 MPa, 600 MPa), a kiindulási érték magasságában fluktuáltak. Statisztikai elemzés is alátámasztja, hogy a nyomáskezelés szignifikánsan segítette megőrizni a minták kiindulási pH-értékét a kontroll mintákkal szemben.

A színezetet megvizsgálva elmondható, hogy a nyomáskezelés hatására nem történtek változások egyik szintényező (L^* , a^* , b^*) esetében sem. Az nyomáskezelés hatását közvetlenül a kezelések után vizsgálva az érzékszervi eredmények szerint a 450 MPa-os nyomáskezelt minták esetében nagy változásokat nem állapítottak meg a bírálók, mindössze a 450 MPa-os nyomáskezelt minták illatintenzitása csökkent kis mértékben, illetve a hal állományát értékelték puhábbnak. A 600 MPa nyomással kezelt minták esetében nem találtak eltéréseket.

A tárolás során a 21. napi teszteket elvégezve megállapítható, hogy a nyomáskezelt hűtve tárolt mintákat a kontroll mintákhoz hasonlítva a lényeges tulajdonságok között nem voltak felfedezhetőek nagyobb eltérések. A két tulajdonság, amely kismértékű eltérést mutat, sajnos a 7. napot követően már nem volt megfelelően értékelhető, mivel biztonsági okokból eltekintettem a kontroll minták kóstolásától. A 26. napi értékelések során azonban már a nyomáskezelt minták sem kerültek kóstolásra, mivel a bírálók megítélése szerint romlottságra utaló tulajdonságokat mutattak. Összességében azonban a 21. napig a nyomáskezelt minták nagymértékben megfeleltek az érzékszervi elvárásoknak.

A mikrobiológiai vizsgálatok azt mutatták, hogy a 450 MPa-os nyomáskezelés egy, míg a 600 MPa-os nyomáskezelés két nagyságrenddel volt képes csökkenteni a minták kiindulási összcsíraszámát. A tárolás során a 10 °C-on tárolt kontroll minták már a 7. napon megközelítették az $N = 10^7$ TKE/g összcsíraszámot, ezek a minták az érzékszervi vizsgálat során savanyú illatúak, romlottak voltak. A tárolás során a leggyorsabb összcsíraszám-növekedést a kontrollminták mutatták, majd a 450 MPa-os és utána a 600 MPa-os nyomásminták eredményei következtek. Tehát a nyomáskezelés nemcsak a kezdeti csíraszámot csökkentette, hanem a fogyaszthatósági időt is növelte. A két eltérő tárolási hőmérséklet hatása is megmutatkozik az eredményeken. Az 5 °C-on történő tárolás eredményei rendre alulmaradtak a 10 °C-on tárolt minták eredményeihez képest. A 600 MPa nyomással kezelt mintáknál a 14. napot követően már körülbelül egy, míg a kontroll- és 450 MPa nyomással kezelt minták esetében körülbelül két nagyságrenddel. Tehát a biztonságos füstölt pontyfilé előállítás során a fogyaszthatósági idő növelése, illetve a valós körülmények közötti tárolási hőmérséklet ingadozásának figyelembevételével a füstölt pontyfilé gyártó által meghatározott fogyaszthatósági idő biztonságos megőrzése érdekében a 600 MPa nyomású nagy hidrosztatikus kezelés alkalmazása javasolt. Összességében megállapítható, hogy a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés nem befolyásolta a füstölt pontyfilé fizikai és érzékszervi jellemzőit. A mikrobiológiai állapotban azonban jelentős kedvező hatást okozott.

8. Summary

In my research, I was looking for the answer to whether the freshness, organoleptic and microbiological quality of fish products can be significantly improved by using relatively recent technologies, which are less common in the industry. The research ranged from the transport and slaughter of live fish to the handling of the finished fish product.

In the first experiment the effect of live fish harvest, transport and resting on fish meat quality indicators were investigated. The transport experiments were performed between Akasztói Halgazdaság (Akasztó) and The Fishmarket Ltd. (Budaörs). Samples were taken after each processing step. The fish meat was examined for range of color in the CIELab color space, final pH and glycogen content, hardness (F, N) and water holding capacity (WHC, mm / g).

In order to examine the stress caused by transport, the glycogen, cortisol and cortisone levels of fish meat and fish liver were also measured. As a result of resting before slaughter, the flesh of the fish became more light and red and vivid in appearance than the individuals slaughtered without resting. Based on the results, the resting of fish for the reduction of stress levels has more impact on the meat color, than the time of delivery. The final pH values measured in the fish meat showed a negative correlation with the amount of glycogen measured in the fish meat. There was a significant difference in the consistency of fish meat in relation to the transport times.

The meat of fish exposed to the stress caused by the long-time transport proved to be twice as hard as the meat of individuals transported for a short time. The greatest amount of glycogen was measured in fish slaughtered locally in the processing plant (2.6 mg / kg). Cortisol, also called the stress hormone, was found in higher levels in case of long distance transport (124.7 μg / kg), which can be associated with stress suffered during transport. The glycogen concentration of 0,1-0,3 was measured in the fish liver, showing that more significant levels of glycogen is stored in the fish meat than in the liver and in case of stress, fish first mobilizes its glycogen stored in its meat.

According to the results of the color test, the values of L* brightness color factor were higher in case of the ike-jime stunning, i.e. the color of the fish meat was found brighter. This can be particularly beneficial, as fish fillets are also generally characterized by a light color that gives the consumer the appearance of a fresh product. The values of the color factor a* were similarly higher in case of the ike-jime stunning, i.e. the color of the fish meat in the color space fell more in the red range. No such changes could be observed for the color factor b*.

When examining the pH, the values were found higher in case of the ike-jime method, especially in the first 30-60 minutes, which may be favorable for freshness. However, during storage, the values equalized or changed in the same way, no significant differences could be noticed. In the case of color and pH values, it should be mentioned that it can be very large

deviation between the individual fish samples, so that only clearly definite conclusions can be drawn by repeating the tests several times and validating the results.

The sarcoplasm soluble proteins form large proportion of cell proteins. The majority of sarcoplasmic proteins are enzymes, catalyzing power generating reactions. The most relevant proteins of the sarcoplasm in respect of food industry are myoglobin and hemoglobin as they give the color of the meat. No significant difference was observed between the two samples in the sarcoplasmic proteins, examined by gel electrophoresis.

The application of ike-jime slaughtering method was found beneficial in case of carp, as the autolytic degradation of meat constituent proteins proceeds slower, therefore the meat freshness indicating K index was found lower than in case of the electrically stunned samples. Furthermore the IMP content of the meat was found higher during the whole storage. Based on the above, I recommend the use of ike-jime stunning during slaughter of fish in order to produce better quality fish meat.

The aim of the experiment performed with electrolyzed active water was to establish a new novel processing technology, resulting in ultra-fresh fish products. With the studies carried out, I was looking for the answer to whether microbial contamination, which is a critical problem in fish processing technology, can be significantly reduced by electrolyzed active water treatment, which is still used in a few areas in the food industry. It was a key issue to demonstrate that the treatment has an inhibitory effect on the growth of microbes typically found in fishery products.

The microbiological results of the study demonstrated that electrolyzed active water is effective in reducing microbial counts on fish surface and can be used effectively against human pathogens such as *Salmonella typhimurium* and *Listeria monocytogenes*. The results show that from chlorine concentration and exposure time, concentration affects the outcome of the treatment more significantly. Analyzing the data from the dilution series and the experimental matrix of the treatment time with a post-hoc test, active water with a chlorine concentration of 120 ppm proved to be the most effective.

The practical usability of the technology was tested with a storage test. The aim of the study was to determine whether the immediate germ-reducing effect of the treatment also had an inhibitory effect during the storage of ultra-fresh fish meat. The effectiveness of agents from an active water generator from two different manufacturers were tested. It can be stated that the electrolyzed oxidizing aqueous treatment has an inhibitory effect on the growth of microbes present on the surface of fish meat. During the storage test, the difference in IgN was 0.6–1.04 compared to the control in favor of the active water-treated product. The effectiveness of the agent could only be significantly demonstrated in the case of water from the equipment of one of the manufacturers. This may indicate that the electrolyzed active water generated in advance loses its

effectiveness over time. The mixed active water used for the test was used 48 hours after its production in Germany and the transport conditions are also uncertain. In order to use electrolyzed active water efficiently, it is advisable to produce it locally.

Although electrolyzed active water has been shown to significantly increase the shelf life of carp meat, treatment has caused only a one-order decrease in the total germ count. The aim of the next experiment is to try to increase the shelf life of carp fillets by combined treatments using electrolyzed active water and lysozyme enzyme as well as lactic acid. Fresh skin-on fillets from carp were treated with a 60:40% mixture of anionic and cationic electrolyzed active water at a concentration of 100 ppm chloride ion and a 0,5% concentration of lysozyme enzyme and a 2% solution of lactic acid, as well as anionic electrolyzed active water was combined with 0,5% lysozyme enzyme and with 2% lactic acid solution. During the storage test, the samples were subjected to chemical (TBA, chlorate), microbiological (total microbial counts) and organoleptic tests to examine the effect of the new combined method on shelf life and meat quality when stored at 2 ° C. Based on the microbiological studies, I can clearly state that the shelf life of the skin-on fish fillet was increased from 4 days to 10 days compared to the control samples as a result of the combined surface treatment. Based on sensory tests, treatment with a 60:40% mixture of anionic and cationic water with a chloride ion concentration of 100 ppm does not cause a significant change in the quality parameters of fish meat, as opposed to acidic water treatment with a chloride ion concentration of 100 ppm. In the latter case, residual chlorate level above the permissible limit can be detected in the treated product.

In the next experiment, I sought to answer whether pure aqueous washing after acidic electrolyzed active water treatment could reduce residual chlorate and perchlorate, and whether lactic acid or lysozyme enzyme compensated for the loss of efficiency resulting from the washing step.

For the control group, the untreated slices were vacuum packed in PP foils. The second group was washed with tap water. The third group was treated with acidic (pH = 2.5) electrolyzed active water with a concentration of 100 mg / kg chlorine ion, which was prepared with a REDO Pure 250 active water generator. The fish fillets were placed in 25 liters of active water for five minutes and stirred every minute. The fourth group was washed with tap water after the electrolyzed acidic active water treatment. The fifth group was placed in acidic electrolyzed water and then its surface was sprayed with 0.5% lysozyme enzyme. The sixth group was placed in acidic electrolyzed water, washed with tap water, and then treated with lysozyme enzyme solution. The seventh group was sprayed with 2% lactic acid solution after acidic electrolyzed active water treatment. The eighth group was placed in acidic electrolyzed water, washed with tap water, and then treated with a lactic acid solution.

Both acidic electrolyzed active water and the combined treatment effectively increased the shelf life of the samples, causing a difference of 2.4-3.1 log CFU / g compared to the control by the end of the 7-day storage. The measured residual chlorate content exceeded the legal threshold, but washing the samples resulted in values below the theoretical threshold recommended by EFSA for food (EFSA, 2015). The preservation methods used did not adversely affect the organoleptic properties of the samples. The use of combined treatment effectively compensated for the reduction in efficiency caused by washing.

Like electrolyzed active water treatment, high hydrostatic pressure treatment is another, even less common treatment. In this series of experiments, we examined the effect of this treatment on fish meat. In doing so, we sought to select the appropriate pressure treatment time value that does not cause sensory and structural changes in the fish fillets, which retain their natural freshness, while at the same time increasing the quality retention time. During the performance of the experiments, we continuously examined the main quality parameters of the pressure-treated fish fillets such as pH, color, drip loss, frying loss, total germ count and protein structure transformations.

Based on the results of the first series of experiments, treatments at pressures of 400 and 600 MPa already significantly change the quality of the fish fillets, they lose their original freshness and their visual enjoyment value is greatly reduced. They also suffer significant drip loss during treatments and baking. However, lower pressure treatments can be used to achieve the desired result. Examination of the immediate effect of the combined treatment with electrolyzed active water on the number of microbes showed that the microbicide effect of the treatment significantly increased with increasing pressure, and the combination of the treatment with electrolyzed active water further increases the effectiveness of the treatment.

In the second series of experiments, where I examined the previously established possible pressure range in more detail, we found that up to 250 MPa the external appearance and protein structure of fish fillets do not change significantly, but from a microbiological point of view a higher pressure value would be more sufficient.

In the third series of experiments, I therefore included a series of even shorter pressure treatment times (2 min) to examine whether the desired microbiological stability could be achieved while maintaining freshness. The test results show that the pressure values used during the pressure treatments have a much more influential effect on the changes in the fish fillets than the duration of the pressure treatments. The external appearance of fish fillets changed only minimally up to 250 MPa. It can be stated that by applying these parameters, no significant changes have yet taken place in each of the quality parameters, however, it significantly increased the microbiological stability of the samples.

In the fourth series of experiments, based on the first three trials, I chose the treatment of 250 MPa for 5 minutes to perform the storage test. Storage was done without packaging for 5 days, in case of vacuum-packed fish fillets for 10 days. In case of unpackaged fish, there were no significant changes in quality parameters, but drip loss was high even here. During the 10-day vacuum-packed storage, the amount of drip loss was reduced, and the quality parameters also suggested the fresh nature of the fish fillets.

The results of the microbiological test support the literature, accordingly, the HHP method reduced the total number of aerobic germs by 2 orders of magnitude compared to the initial state. It can be observed that in the case of storage without packaging for 5 days, the number of germs increases slightly as a result of the treatment, but does not exceed even an order of magnitude. However, the number of microbes in the case of vacuum-packed fish fillets did not increase in 10 days. Thus, it can be concluded that as a result of the process, the shelf life can be extended for both unpackaged and vacuum-packed fish.

In a previous series of experiments, it was found that HHP treatment is not suitable for treating ultra-fresh fishery products without altering organoleptic properties. The aim of this series of experiments is to investigate the effect of HHP treatment on prolonging the shelf life of a finished product. I performed the experiment on smoked carp fillets.

Examining the effect of high hydrostatic pressure treatment, it can be said that no significant changes in the quality factors of smoked carp fillets occurred directly as a result of the treatments. For pH values, the 600 MPa pressure treatment only slightly increased the pH of fish fillets. In addition, during storage, the pH of the control samples decreased significantly after day 7, while the pressure-treated samples (450 MPa, 600 MPa) fluctuated at the initial value. Statistical analysis also confirms that pressure treatment significantly helped to maintain the initial pH of the samples compared to the control samples.

Examining the coloration, it can be said that no changes occurred as a result of the pressure treatment for any of the color factors (L^* , a^* , b^*). Examining the effect of pressure treatment immediately after the treatments, the sensory results showed that no major changes were found in the 450 MPa pressure-treated samples, only the odor intensity of the 450 MPa pressure-treated samples decreased slightly and the texture of the fish was assessed as softer. No differences were found in case of the samples treated with 600 MPa.

During the 21-day storage, it can be concluded that no major differences were detected in the essential properties of the pressure-treated refrigerated samples and the control samples. The two traits, which show a slight difference, were unfortunately no longer adequately evaluated after day 7, as for safety reasons, tasting of the control samples was not obligatory. However, during the 26-day evaluations, the pressure-treated samples were no longer tasted either, as the reviewers

considered that they showed deteriorating properties. Overall, however, by day 21, the pressure-treated samples met sensory expectations.

Microbiological results showed that the 450 MPa pressure treatment was able to reduce the initial total germ count of the samples by one order of magnitude and the 600 MPa pressure treatment by two orders of magnitude. During storage, the control samples stored at 10 ° C approached the total germ count of $N = 10^7$ TKE / g already on the 7th day, these samples had a sour smell and deteriorated during the sensory examination. During storage, the fastest increase in total germ count was shown by the control samples, followed by the results of the 450 MPa and then the 600 MPa pressure samples. Thus, pressure treatment not only reduced the initial germ count but also increased the shelf life. The effect of the two different storage temperatures is also reflected in the results.

The results of storage at 5° C were consistently lower than the results of samples stored at 10° C. Samples treated with a pressure of 600 MPa were about one order of magnitude after day 14, while samples treated with a pressure of 450 MPa were about two orders of magnitude. Thus, in order to increase the shelf life during the production of safe smoked carp fillets and to take into account the fluctuations in storage temperature under real conditions, it is recommended to use a high hydrostatic treatment at 600 MPa to safely preserve the shelf life specified by the smoked carp fillet manufacturer. Overall, it can be concluded that the high hydrostatic pressure treatment did not affect the physical and organoleptic characteristics of the smoked carp fillet. However, it caused a significant beneficial effect in the microbiological state.

Szakirodalmi jegyzék

- Abdou, A.M., Kim, M., Sato, K., 2013. Functional Proteins and Peptides of Hen's Egg Origin- Bioactive Food Peptides in Health and Disease. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/54030>
- AKI, 2019. LEHALÁSZÁS JELENTÉS 2018.ÉV [WWW Document], http://repo.aki.gov.hu/3414/1/Lehala%CC%81sza%CC%81s_2018_kiadva%CC%81ny_ve%CC%81gleges_2.pdf.
- Al-harbi, A.H., Uddin, M.N., 2004. Seasonal variation in the intestinal bacterial flora of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*) cultured in earthen ponds in Saudi Arabia. *Aquaculture* 229, 37–44. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00388-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00388-0)
- Al-Holy Murad A., Barbara A. Rasco, 2015. The bactericidal activity of acidic electrolyzed oxidizing water against *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* on raw fish, chicken and beef surfaces. *Food Control*, Volume 54, Pages 317-321, ISSN 0956-7135, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.017>.
- Allen, D.A., Austin, B., Colwell, R.R., 1983. Numerical Taxonomy of Bacterial Isolates Associated with a Freshwater Fishery. *Journal of General Microbiology* 2043–2062.
- Anastassiades, M., Kolberg, D.I., Mack, D., Wildgrube, C., Sigalov, I., Dörk, D., 2013. Quick Method for the Analysis of Residues of numerous Highly Polar Pesticides in Foods of Plant Origin involving Simultaneous Extraction with Methanol and LC-MS/MS Determination.
- Aubourg, S.P., Tabilo-Munizaga, G., Reyes, J.E., Rodríguez, A., Pérez-Won, M., 2010. Effect of high-pressure treatment on microbial activity and lipid oxidation in chilled coho salmon. *European Journal of Lipid Science and Technology* 112, 362–372. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200900173>
- Austin, B., 2006. The Bacterial Microflora of Fish , Revised. *The Scientific World Journal* 6, 931–945. <https://doi.org/10.1100/tsw.2006.181>
- Barton, B.A., 2000. Salmonid Fishes Differ in Their Cortisol and Glucose Responses to Handling and Transport Stress. *North American Journal of Aquaculture* 62, 12–18. [https://doi.org/10.1577/1548-8454\(2000\)062<0012:SFDITC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8454(2000)062<0012:SFDITC>2.0.CO;2)
- Bjørnevik, M., Solbakken, V., 2010. Preslaughter stress and subsequent effect on flesh quality in farmed cod. *Aquaculture Research* 41, e467–e474. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02498.x>
- Branen, J.K., Davidson, P.M., 2004. Enhancement of nisin, lysozyme, and monolaurin antimicrobial activities by ethylenediaminetetraacetic acid and lactoferrin. *International Journal of Food Microbiology* 90, 63–74. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00172-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00172-7)

- Briones-Labarca, V., Perez-Won, M., Zamarca, M., Aguilera-Radic, J.M., Tabilo-Munizaga, G., 2012. Effects of high hydrostatic pressure on microstructure, texture, colour and biochemical changes of red abalone (*Haliotis rufecens*) during cold storage time. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 13, 42–50.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2011.09.002>
- Broekaert, K., Heyndrickx, M., Herman, L., Devlieghere, F., Vlaemynck, G., 2011. Seafood quality analysis : Molecular identification of dominant microbiota after ice storage on several general growth media. *Food Microbiology* 28, 1162–1169.
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2011.03.009>
- Cappeln, G., Jessen, F., 2001. ATP and Glycogen Content Related to Gaping in Pre Rigor Cod (*Gadus morhua*) Frozen in Blocks at Sea. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 10, 49–62. https://doi.org/10.1300/J030v10n01_05
- Cegielska-radziejewska, R., Leśniewski, G., Kijowski, J., 2008. Properties and Application of egg white lysozyme and its modified preparations - A review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 58, 5–10.
- Chevalier, D., Le Bail, A., Ghoul, M., 2001. Effects of high pressure treatment (100–200 MPa) at low temperature on turbot (*Scophthalmus maximus*) muscle. *Food Research International* 34, 425–429. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00187-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00187-3)
- Chung, W., Hancock, R.E.W., 2000. Action of lysozyme and nisin mixtures against lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology* 60, 25–32.
- Couri, D., Abdel-rahman, M.S., Bull, R.J., 1982. Toxicological Effects of Chlorine Dioxide , Chlorite and Chlorate. 46, 13–17.
- Csengeri, I., Szabó, P., 1999. Minőségellenőrzés és minőségbiztosítás lehetőségei a haltenyésztésben - I. Környezeti és technológiai tényezők szerepe a halhús minőségének alakulásában. XXIII. Halászati Tudományos Tanácskozás 20–21.
- Csiszár, V., 1964. Húsvizsgálat és húshigiénia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Cunningham, F.E., Proctor, V.A., Goetsch, S.J., 1991. Egg-white lysozyme as a food preservative: an overview. *World's Poultry Science Journal* 47, 141–163. <https://doi.org/DOI:10.1079/WPS19910015>
- Darázs, S., Aczél, A., 1987. Édesvízi halak feldolgozása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Datta, S., Janes, M.E., Xue, Q.-G., Losso, J., La Peyre, J.F., 2008. Control of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella anatum* on the Surface of Smoked Salmon Coated with Calcium Alginate Coating containing Oyster Lysozyme and Nisin. *Journal of Food Science* 73, M67–M71. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00633.x>

- Davies, A.R., 1997. Modified-atmosphere packaging of fish and fish products BT - Fish Processing Technology. In: Hall, G.M. (Ed.). Springer US, Boston, MA, 200–223. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1113-3_7
- Diggles, B.K., 2016. Development of resources to promote best practice in the humane dispatch of finfish caught by recreational fishers. *Fisheries Management and Ecology* 23, 200–207. <https://doi.org/10.1111/fme.12127>
- Ebran, N., Julien, S., Orange, N., Auperin, B., 2000. Isolation and characterization of novel glycoproteins from fish epidermal mucus : correlation between their pore-forming properties and their antibacterial activities. *Biochemica Et Biophysica Acta* 1467, 271–280.
- Edit K., Júlia R., Milán F., Gergő T., Anita R., Fruzsina R., Ádám B., Brigitta Ny.F., Adrienn M., Sándor Sz.2018. Környezeti eredetű opportunista baktériumok a halfeldolgozás és hűtve tárolás folyamatában. Magyar Mikrobiológiai Társaság 2018. évi Nagygyűlése -2018. október 19.
- EFSA, 2015. Risks for public health related to the presence of chlorate in food. *EFSA Journal* 2015;13(6):4135 13, 1–103. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4135>
- Eklund, M.W., Poysky, F.T., Peterson, M.E., Peck, L.W., Brunsonz, W.D., 1984. Type e botulism in salmonids and conditions contributing to outbreaks. *Aquaculture* 41, 293–309.
- Elira, S., Uchiyama, H., 1989. The methods for estimating the freshness of fishes. *Int. J. Agric Fish Technol.* 1, 287–291.
- Emborg, J., Laursen, B.G., Dalgaard, P., 2005. Significant histamine formation in tuna (*Thunnus albacares*) at 2 °C—effect of vacuum- and modified atmosphere-packaging on psychrotolerant bacteria. *International Journal of Food Microbiology* 101, 263–279. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.12.001>
- Erkan, N., Üretener, G., 2010. The effect of high hydrostatic pressure on the microbiological, chemical and sensory quality of fresh gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *European Food Research and Technology* 230, 533–542. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1193-y>
- European Council, 2005. Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council of 23 February 2005 on maximum residues levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EC. *Official Journal of the European Union* L 70, 1–16.
- Farber, J.M., 1991. Microbiological Aspects of Modified-Atmosphere Packaging Technology - A Review1. *Journal of Food Protection* 54, 58–70. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-54.1.58>
- FAO (2005): Fisheries and Aquaculture topics. Main elements of fish muscle. Topics Fact Sheets. Text by Lahsen Ababouch. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department online at: <http://www.fao.org/fishery/topic/14825/en> Rome. Updated 27 May 2005.

- Garthwaite, G.A., 1997. Chilling and freezing of fish. In: Hall, G.M. (Ed.), *Fish Processing Technology*. Springer US, Boston, MA, 93–118. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1113-3_4
- Gelman, A., Pasteur, R., Rave, M., 1990. Quality Changes and Storage Life of Common Carp (*Cyprinus carpio*) at Various Storage Temperatures. 231–241.
- Gill, C.O., Badoni, M., 2004. Effects of peroxyacetic acid , acidified sodium chlorite or lactic acid solutions on the microflora of chilled beef carcasses. *International Journal of Food Microbiology* 91, 43–50. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00329-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00329-5)
- Grau, R., Hamm, R., Baumann, A., (1953). Über den Einfluß von Calcium-Ionen auf die Wasserbindung des zerkleinerten Säugetiermuskels. *Naturwissenschaften* 40, 535–536. <https://doi.org/10.1007/BF00628942>
- Haidekker, B., 2002. Fejlesztési irányok a nagy záróképességű műanyag csomagolóanyagok terén. *A Hús* 1, 34.
- Hamilton, D., Ambrus, Á., Dieterle, R., Felsot, A., Harris, C., Petersen, B., Racke, K., Wong, S.-S., Gonzalez, R., Tanaka, K., Earl, M., Roberts, G., Bhula, R., 2004. Pesticide residues in food—acute dietary exposure. *Pest Management Science* 60, 311–339. <https://doi.org/10.1002/ps.865>
- Hodossy, A., 2007. Két technológia – egy megoldás : DARFRESH Bloom™. *A Hús* 4, 222.
- Huang, Y., Hsieh, H., Lin, Shin-yuan, Lin, Shin-jung, Hung, Y., Hwang, D., 2006. Application of electrolyzed oxidizing water on the reduction of bacterial contamination for seafood. *Food Control* 17, 987–993. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.07.003>
- Huang, Yu-ru, Hung, Y., Hsu, S., Huang, Yao-wen, 2008. Application of electrolyzed water in the food industry. *Food Control* 19, 329–345. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.08.012>
- Hultmann, L., Phu, T.M., Tobiassen, T., Aas-Hansen, O., Rustad, T., 2012. Effects of pre-slaughter stress on proteolytic enzyme activities and muscle quality of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Food Chemistry* 134, 1399–1408. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.038>
- Huss, H.H., 1995. Quality and quality changes in fresh fish. *FAO Fisheries Technical Paper - 348*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1–195.
- Huss, H.H., Gram, L., 1996. Microbiological spoilage of fish and fish products. 605.
- International Organization for Standardization. (1998). *Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the detection and enumeration of Listeria monocytogenes. Part 2: Enumeration method (ISO 11290-2:1998)* Retrieved from <https://www.iso.org/standard/25570.html>

- International Organization for Standardization. (2002). Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp (ISO 6579:2002) Retrieved from <https://www.iso.org/standard/29315.html>
- International Organization for Standardization. (2003). Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of micro-organisms. Colony-count technique at 30 degrees C (ISO 4833:2003) Retrieved from <https://www.iso.org/standard/34524.html>
- International Organization for Standardization. (2004). Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal methods for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae — Part 2: Colony-count method (ISO 21528-2:2004) Retrieved from <https://www.iso.org/standard/34566.html>
- International Organization for Standardization. (2017). Microbiology of the food chain — Horizontal method for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae — Part 2: Colony-count technique (ISO 21528-2:2017) Letöltve <https://www.iso.org/standard/63504.html>
- Ito, Y., Hyeong, O., Ueda, M., Tanaka, A., Imanishi, Y., 1997. Bactericidal activity of human lysozymes carrying various lengths of polyproline chain at the C-terminus. *FEBS Letters* 415, 285–288. [https://doi.org/10.1016/S0014-5793\(97\)01140-X](https://doi.org/10.1016/S0014-5793(97)01140-X)
- Kashket, E.R., 1987. Bioenergetics of lactic acid bacteria : cytoplasmic pH and osmotolerance *. *FEMS Microbiology Reviews* 46, 233–244.
- Kiss, I., 2000. A halak testfelépítése és biológiája. In: Horváth, L. (Ed.), *Halbiológia És Haltenyésztés*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 28–29.
- Knorr, D., 1995. Hydrostatic pressure treatment of food: microbiology BT - New Methods of Food Preservation. In: Gould, G.W. (Ed.). Springer US, Boston, MA, 159–175. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2105-1_8
- Kosáry, J., 2013. A tárolás biokémiája 2013-2 (Élelmiszer-biokémia jegyzet). Budapesti Corvinus Egyetem, 2013, Budapest, 31.
- KSH, 2019. 4.1.28. A rendelkezésre álló élelmiszer és tápanyag egy főre jutó mennyisége (1990–) [WWW Document]. URL https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qpt011b.html (accessed 4.23.20).
- Lányi, G., 1968. A hal mint élőlény és mint táplálék. Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest.
- Len, S.-V., Hung, Y.-C., Chung, D., Anderson, J.L., Erickson, M.C., Morita, K., 2002. Effects of Storage Conditions and pH on Chlorine Loss in Electrolyzed Oxidizing (EO) Water. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 209–212. <https://doi.org/10.1021/jf010822v>
- Len, S., Hung, Y., Erickson, M., Kim, C., 2000. Ultraviolet Spectrophotometric Characterization and Bactericidal Properties of Electrolyzed Oxidizing Water as Influenced by Amperage and

- pH. *Journal of Food Protection* 63, 1534–1537.
- Lengyel, P., Sándor, Z., Taylor, A., Alasalvar, C., Csengeri, I., Alexis, M., 2000. Étkezési ponty tárolási minőségével kapcsolatos elővizsgálatok. XXIV. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas.
- Liu, Q., Chen, L., Karen, A., Laserna, C., He, Y., Feng, X., Yang, H., 2020. Synergistic action of electrolyzed water and mild heat for enhanced microbial inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 revealed by metabolomics analysis. *Food Control* 110, 107026. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107026>
- Loi-Braden, M.H., Huang, T.-S., Kim, J.-H., Wei, C.-I., Weese, J., 2005. Use of Electrolyzed Oxidizing Water for Quality Improvement of Frozen Shrimp. *Journal of Food Science* 70, 310–315.
- Love, R.M., 1997. Biochemical dynamics and the quality of fresh and frozen fish. In: Hall, G.M. (Ed.), *Fish Processing Technology*. Springer US, Boston, MA, 1–31. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1113-3_1
- Lv, R., Mingming, Z., Chen, W., Wang, D., Zhou, J., Ding, T., Ye, X., Liu, D., 2019. A hurdle approach of acidic electrolyzed water simultaneous with ultrasound to inactivate *Bacillus cereus*. *Journal of Food Processing and Preservation* 43, 1–8. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14148>
- Machado, I., Meireles, A., Fulgêncio, R., Mergulhão, F., Simões, M., Melo, L.F., 2016. Food and Bioproducts Processing Disinfection with neutral electrolyzed oxidizing water to reduce microbial load and to prevent biofilm regrowth in the processing of fresh-cut vegetables. *Food and Bioproducts Processing* 98, 333–340. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.02.008>
- Mackie, I.M., 1997. Methods of identifying species of raw and processed fish. In: Hall, G.M. (Ed.), *Fish Processing Technology*. Springer US, Boston, MA, 160–199. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1113-3_6
- Mahmoud, B.S.M., Yamazaki, K., Miyashita, K., Suzuki, T., 2004. Decontamination effect of electrolysed NaCl solutions on carp. *Letters in Applied Microbiology* 39, 169–173. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2004.01557.x>
- Mahmoud, B.S.M., 2007. Electrolyzed water: A new technology for food decontamination - A review. *Deutsche Lebensmittel - Rundschau* 103, 212–221.
- Mørkøre, T., Mazo T., P.I., Tahirovic, V., Einen, O., 2008. Impact of starvation and handling stress on rigor development and quality of Atlantic salmon (*Salmon salar* L). *Aquaculture* 277, 231–238. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.02.036>
- Munesue, Y., Masui, T., Fushima, T., 2015. The effects of reducing food losses and food waste on global food insecurity, natural resources, and greenhouse gas emissions. *Environmental*

Economics and Policy Studies 17, 43–77. <https://doi.org/10.1007/s10018-014-0083-0>

- Murray, J., Burt, J.R., 1991. The Composition of Fish. Tory Advisory Note No. 38, Ministry of Technology, Torry Research Station 13.
- Nakamura, S., Kato, A., Kobayashi, K., 1992. Bifunctional Lysozyme-Galactomannan Conjugate Having Excellent Emulsifying Properties and Bactericidal Effect. 735–739. <https://doi.org/10.1021/jf00017a005>
- Nakimbugwe, D., Masschalck, B., Anim, G., Michiels, C.W., 2006. Inactivation of gram-negative bacteria in milk and banana juice by hen egg white and lambda lysozyme under high hydrostatic pressure. *International Journal of Food Microbiology* 112, 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.06.010>
- Nattress, F.M., Baker, L.P., 2003. Effects of treatment with lysozyme and nisin on the microflora and sensory properties of commercial pork. *International Journal of Food Microbiology* 85, 259–267. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00545-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00545-7)
- Novotny, L., Beran, V., Lorencova, A., Pavlik, I., 2004. Fish: a potential source of bacterial pathogens for human beings. *Veterinární Medicína* 9, 343–358. <https://doi.org/10.17221/5715-VETMED>
- Nykänen, A., Weckman, K., Lapveteläinen, A., 2000. Synergistic inhibition of *Listeria monocytogenes* on cold-smoked rainbow trout by nisin and sodium lactate. *International Journal of Food Microbiology* 61, 63–72. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00368-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00368-8)
- Oehlenschlager, J., 1989. Die Zusammensetzung der Lebensmittel. Kochbuch Und Lexikon von Fisch Und Meeresfrüchten. Teubner Edition, München, 21.
- Okolocha, E.C., Ellerbroek, L., 2005. The influence of acid and alkaline treatments on pathogens and the shelf life of poultry meat. *Food Control* 16, 217–225. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.01.015>
- Olsen, S.H., Sørensen, N.K., Larsen, R., Elvevoll, E.O., Nilsen, H., 2008. Impact of pre-slaughter stress on residual blood in fillet portions of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*) - Measured chemically and by Visible and Near-infrared spectroscopy. *Aquaculture* 284, 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.07.042>
- Ozer, N.P., Demirci, A., 2006. Electrolyzed oxidizing water treatment for decontamination of raw salmon inoculated with *Escherichia coli* O157 : H7 and *Listeria monocytogenes* Scott A and response surface modeling. *Journal of Food Engineering* 72, 234–241. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.11.038>
- Perloy, G.A., Peterson, M.E., Holland, P.J., Eklund, M.E.L.W., 1994. Inhibition of *Listeria monocytogenes* in Cold-process (Smoked) Salmon by Sodium Lactate. *Journal of Food*

- Protection 57, 108–113. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-57.2.108>
- Péterfy, M., 2002. A feldolgozott haltermékek kínálatának szélesítésével növelhető a halfogyasztás. XXVI. Halászati Tudományos Tanácskozás HAKI, Szarvas.
- Phuvasate, S., Su, Y., 2010. Effects of electrolyzed oxidizing water and ice treatments on reducing histamine-producing bacteria on fish skin and food contact surface. *Food Control* 21, 286–291. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.06.007>
- Podolak, R.K., Zayas, J.F., Kastner, C.L., Fung, D.Y.C., 1995. Inhibition of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* 0157 : H7 on Beef by Application of Organic Acids t. *Journal of Food Protection* 59, 370–373.
- Poli, B.M., Parisi, G., Scappini, F., Zampacavallo, G., 2005. Fish welfare and quality as affected by pre-slaughter and slaughter management. *Aquaculture International* 13, 29–49. <https://doi.org/10.1007/s10499-004-9035-1>
- Potter, N.N., Hotchkiss, J.H., 1995. *Constituents of Foods: Properties and Significance*. Food Science: Fifth Edition. Springer US, Boston, MA, 24–45. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4985-7_3
- Proctor, V.A., Cunningham, F.E., Fung, D.Y.C., 1988. The chemistry of lysozyme and its use as a food preservative and a pharmaceutical. *C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 26, 359–395. <https://doi.org/10.1080/10408398809527473>
- PROFEL, 2018. PROFEL Position Paper on Chlorates. European Association of Fruit and Vegetable Processors.
- Rao, M.S., Chander, R., Sharma, A., 2008. Synergistic effect of chitooligosaccharides and lysozyme for meat preservation. *LWT - Food Science and Technology* 41, 1995–2001. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.01.013>
- Reyes, J.E., Tabilo-Munizaga, G., Pérez-Won, M., Maluenda, D., Roco, T., 2015. Effect of high hydrostatic pressure (HHP) treatments on microbiological shelf-life of chilled Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 29, 107–112. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.01.010>
- Rodríguez, A., Sierra, Y., Roco, T., Tabilo-Munizaga, G., Pérez-Won, M., Aubourg, S.P., 2011. Effect of hydrostatic high pressure treatment on sensory and physical properties of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) during chilled storage. 6th International Cigr Technical Symposium - Towards a Sustainable Food Chain: Food Process, Bioprocessing and Food Quality Management.
- Sallam, K.I., 2007. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate , sodium lactate , and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. *Food Control* 18, 566–575. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.02.002>

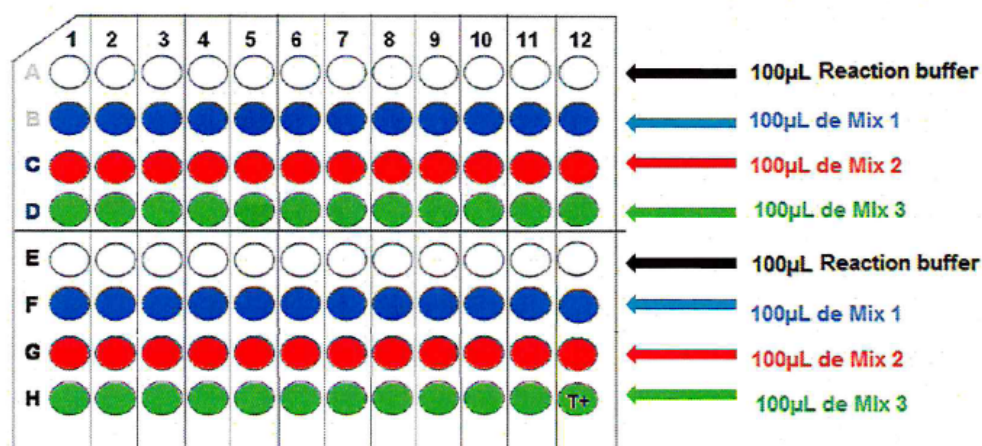
- Sigholt, T., Erikson, U., Rustad, T., Johansen, S., Nortvedt, T.S., Seland, A., 1997. Handling Stress and Storage Temperature Affect Meat Quality of Farmed-raised Atlantic Salmon (*Salmo Salar*). *Journal of Food Science* 62, 898–905. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb15482.x>
- Signorini, M.L., 2005. Effect of lactic acid and lactic acid bacteria on growth of spoilage microorganisms in vacuum-packaged beef. *Journal of Muscle Foods* 17, 277–290.
- Siu, G.M., Draper, H.H., 1978. A survey of the malonaldehyde content of retail meats and fish. *Journal of Food Science* 43, 1147–1149. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1978.tb15256.x>
- Sivertsvik, M., Jeksrud, W.K., Rosnes, J.T., 2002. A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products – significance of microbial growth, activities and safety. *International Journal of Food Science & Technology* 37, 107–127. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00548.x>
- Skjervold, P.O., Røra, B.M.A., Fjæra, O.S., Vegusdal, A., Vorre, A., Einen, O., 2001. Effects of pre-, in-, or post-rigor filleting of live chilled Atlantic salmon. *Aquaculture* 194, 315–326.
- Smelt, J.P.P.M., 1998. Recent advances in the microbiology of high pressure processing. *Trends in Food Science and Technology* 9, 152–158. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(98\)00030-2](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(98)00030-2)
- Smith, M.W., Kemp, P., 1971. Parallel temperature-induced changes in membrane fatty acids and in the transport of amino acids by the intestine of goldfish (*Carassius auratus* L. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry* 39, 357–365. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(71\)90180-5](https://doi.org/10.1016/0305-0491(71)90180-5)
- Snijders, J.M.A., Logtestijn, J.G. Van, Mossel, D.A.A., Smulderst, F.J.M., Logtestijn, J.G. Van, Mossel, D.A.A., Smulderst, F.J.M., Snijders, J.M.A., Logtestijn, J.G. Van, Mossel, D.A.A., 2011. Lactic acid as a decontaminant in slaughter and processing procedures Lactic acid as a decontaminant in slaughter and processing procedures. *Veterinary Quarterly* 2176, 1–7. <https://doi.org/10.1080/01652176.1985.9694000>
- Srinivasa Rao, P., Chakraborty, S., Kaushik, N., Pal Kaur, B., Hulle, N.R.S., 2014. High hydrostatic pressure processing of food materials. *Introduction To Advanced Food Process Engineering*. CRC Press, 151–186. <https://doi.org/10.1201/b16696>
- Surendraraj, A., Sabeena, K.H., Yathavamoorthi, R.Y., Thampuran, N., 2009. Enteric Bacteria Associated with Farmed Freshwater Fish and its Culture Environment in Kerala, India.pdf. *Research Joournal of Microbiology* 4, 334–344.
- Stien, L.H., Hirmas, E., Bjørnevik, M., Karlsen, Ø., Nortvedt, R., Rørå, A.M.B., Sunde, J., Kiessling, A., 2005. The effects of stress and storage temperature on the colour and texture

- of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture Research* 36, 1197–1206. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01339.x>
- Szalai, M., Molnár, E., Tanninen, T., Márk, I., Márk, I.-N., 2000. Nyers húsok védőgáz csomagolása. *A Hús* 2, 105.
- Temesi, Á., 2013. Halfogyasztói magatartás vizsgálata fogyasztói megkérdezés alkalmazásával – Kutatási jelentés a PLP Seafood Kft. részére végzett kutatásról. Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi kar, Élelmiszeripari Gazdaságtan Tanszék.
- Van der Plancken, I., Van Loey, A., Hendrickx, M.E., 2005. Combined effect of high pressure and temperature on selected properties of egg white proteins. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 6, 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2004.10.002>
- Veciana-Nogues, M.T., Izquierdo-Pulido, M., Vidal-Carou, M.C., 1997. Determination of ATP related compounds in fresh and canned tuna fish by HPLC. *Food Chemistry* 59, 467–472. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(96\)00243-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00243-9)
- Wang, C., Shelef, L.A., 1992. Behavior of *Listeria monocytogenes* and the spoilage microflora in fresh cod fish treated with lysozyme and EDTA. *Food Microbiology* 9, 207–213. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0740-0020\(92\)80048-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0740-0020(92)80048-9)
- Xu, G., Tang, X., Tang, S., You, H., Shi, H., Gu, R., 2014. Combined effect of electrolyzed oxidizing water and chitosan on the microbiological , physicochemical , and sensory attributes of American shad (*Alosa sapidissima*) during refrigerated storage. *Food Control* 46, 397–402. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.06.010>
- Xuan, X., Ling, J., 2019. Generation of Electrolyzed Water. *Electrolyzed Water in Food: Fundamentals and Applications*. Springer Nature Singapore Pte Ltd. and Zhejiang University Press, Hangzhou, 1–16. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-3807-6>
- Zhou, R., Liu, Y., Xie, J., Wang, X., 2011. Effects of combined treatment of electrolysed water and chitosan on the quality attributes and myofibril degradation in farmed obscure puffer fish (*Takifugu obscurus*) during refrigerated storage. *Food Chemistry* 129, 1660–1666. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.06.028>

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	I0	I1	I2	I3	I4	I5	I6					Vak
B	I0	I1	I2	I3	I4	I5	I6					Vak
C	I0	I1	I2	I3	I4	I5	I6					Vak
D	I0	I1	I2	I3	I4	I5	I6					Vak
E	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6					Vak
F	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6					Vak
G	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6					Vak
H	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6					Vak

A minták pipettázása után a 12-es oszlop mindegyik kamrájába 100 µl extrakciós puffert pipettáztam. Ez lesz a vak mintánk a mérés során. Ezután az enzimkeverékeket pipettáztam a mikroplate-be. Az A és az E sor kamráiba 100 µl reakciós puffert pipettáztunk, a B és F sorba 100 µl „Enzim 1”-et pipettáztam, a C és G sorba 100 µl „Enzim 2”-t pipettáztam, és a D és H sorba 100 µl „Enzim 3”-t pipettáztam.

A minták spektrofotometriás mérését Thermo Electron mikroplate reader berendezéssel mértem meg. A mérést megelőzően a műszert kalibrálni kell. A mikroplate-et először 1000 rpm-es fordulaton rázatni kellett 2 percig, majd fél óráig inkubáltam a mintákat. Az inkubálás után megint rázattam a mikroplate-et, majd ezután következhetett a mérés.



84. ábra: Mikroplate sablon a minták helyes pipettázásához

A mintákban levő nukleotid koncentrációkat az alábbi képletekkel lehet kiszámítani:

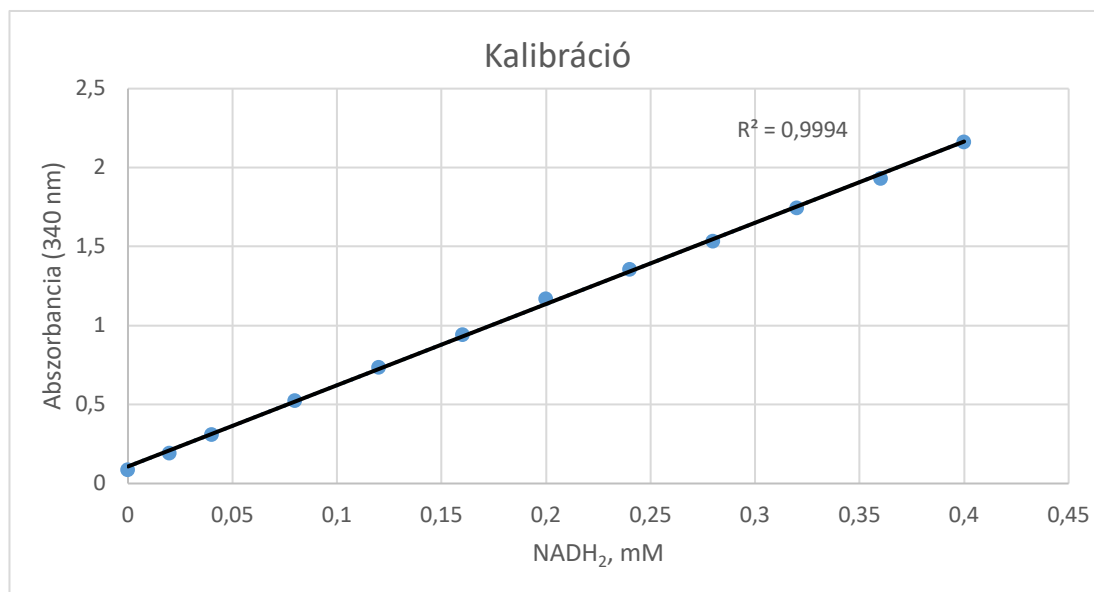
$$\text{IMP (\%)} = \left(\frac{\text{Abszorbancia 1} - \text{vakminta}}{\text{Abszorbancia 3} - \text{vakminta}} \right) * 100$$

$$\text{Hipoxantin (\%)} = \left(\frac{\text{Abszorbancia 2} - \text{Abszorbancia 1}}{\text{Abszorbancia 3} - \text{vakminta}} \right) * 100$$

$$\text{Inozin (\%)} = \left(\frac{\text{Abszorbancia 3} - \text{Abszorbancia 2}}{\text{Abszorbancia 3} - \text{vakminta}} \right) * 100$$

Melléklet II. – A mikroplate reader kalibrálása

Az enzimsomag az ATP bomlástermékeinek a mérését a NADH₂ abszorbanciája alapján méri. A mérés kezdete előtt meg kell vizsgálni, hogy a mikroplate reader műszer helyesen méri-e az NADH₂ mennyiségét. Az enzimsomaghoz kiegészítésként kaphatóak különböző koncentrációjú NADH₂ oldatok, amelyekkel a mérést megelőzően kalibrálni lehet a műszert. A mérést 340 nm-en kell elvégezni, és a mikroplate kamrába 500 µl oldatot kell pipettázni.



85. ábra. Kalibrációs egyenes

A kalibráció alapján a mikroplate reader pontosan mér, a kalibrációs egyenes R² értéke 0,9994, tehát a méréseknél nincs szükség korrekcióra.

Melléklet III. – Elektrolizált aktív vizes kezelés hatása a koncentráció és idő függvényében a pontyfilék mikrobiológiai tulajdonságaira

18. táblázat: Kéttényezős varianciaanalízis a koncentráció és típus szempontjából (Dependent variable: csíraszám)

konc	1.570	4	0.393	7.392	0.000	0.496
típus	0.562	1	0.562	10.576	0.003	0.261
konc * típus	0.840	4	0.210	3.956	0.011	0.345

19. táblázat: Post Hoc teszt (Dependent Variable: csíraszám)

(I) konc		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
,00	1,00	0.1425	0.11523	0.730	-0.1917	0.4767
	60,00	0.2800	0.11523	0.135	-0.0542	0.6142
	120,00	,5488*	0.11523	0.000	0.2145	0.8830
	180,00	,4438*	0.11523	0.005	0.1095	0.7780
1,00	,00	-0.1425	0.11523	0.730	-0.4767	0.1917
	60,00	0.1375	0.11523	0.755	-0.1967	0.4717
	120,00	,4063*	0.11523	0.011	0.0720	0.7405
	180,00	0.3013	0.11523	0.093	-0.0330	0.6355
60,00	,00	-0.2800	0.11523	0.135	-0.6142	0.0542
	1,00	-0.1375	0.11523	0.755	-0.4717	0.1967
	120,00	0.2688	0.11523	0.163	-0.0655	0.6030
	180,00	0.1637	0.11523	0.619	-0.1705	0.4980
120,00	,00	-,5488*	0.11523	0.000	-0.8830	-0.2145
	1,00	-,4063*	0.11523	0.011	-0.7405	-0.0720
	60,00	-0.2688	0.11523	0.163	-0.6030	0.0655
	180,00	-0.1050	0.11523	0.890	-0.4392	0.2292
180,00	,00	-,4438*	0.11523	0.005	-0.7780	-0.1095
	1,00	-0.3013	0.11523	0.093	-0.6355	0.0330
	60,00	-0.1637	0.11523	0.619	-0.4980	0.1705
	120,00	0.1050	0.11523	0.890	-0.2292	0.4392

20.táblázat: Kéttényezős varianciaanalízis a típus és idő szempontjából (Dependent Variable: csíraszám)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	,954 ^a	7	0.136	1.207	0.327	0.209
Intercept	856.365	1	856.365	7586.761	0.000	0.996
típus	0.562	1	0.562	4.976	0.033	0.135

idő	0.128	3	0.043	0.379	0.769	0.034
típus * idő	0.264	3	0.088	0.779	0.515	0.068

21. táblázat: Kéttényezős variancia-analízis az idő és a koncentráció szempontjából (Dependent Variable: csíraszám)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
idő	0.128	3	0.043	0.371	0.775	0.053
konc	1.570	4	0.393	3.401	0.028	0.405
idő * konc	0.558	12	0.047	0.403	0.946	0.195

Melléklet IV. – Salmonella t. és Listeria m. csíraszámváltozása az elektrolizált aktív vizes kezelés hatására a koncentráció függvényében

22. táblázat: Statisztikai alapadatok a koncentráció szempontjából

N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
				Lower Bound	Upper Bound		
4	7.8600	0.00000	0.00000	7.8600	7.8600	7.86	7.86
4	7.3400	0.42024	0.21012	6.6713	8.0087	6.89	7.86
4	6.8775	0.75518	0.37759	5.6758	8.0792	6.08	7.86
4	6.1050	1.26703	0.63352	4.0889	8.1211	4.94	7.86
4	4.9750	2.01565	1.00782	1.7677	8.1823	3.32	7.86
20	6.6315	1.44399	0.32289	5.9557	7.3073	3.32	7.86

23. táblázat: Homogenitásvizsgálat a koncentráció szempontjából

Test of Homogeneity of Variances			
csíraszám			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3.002	4	15	0.053

24. táblázat: Egytényezős variancia-analízis (ANOVA) eredménytáblája a koncentráció hatását vizsgálva

Csírászám	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20.372	4	5.093	3.969	0.022

25. táblázat: Post-hoc teszt a koncentráció szempontjából elvégezve

(I) koncentráció			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1,00	10,00	0.52000	0.80094	0.964	-1.9533	2.9933
		50,00	0.98250	0.80094	0.737	-1.4908	3.4558
		100,00	1.75500	0.80094	0.235	-0.7183	4.2283
		140,00	2,88500*	0.80094	0.019	0.4117	5.3583
	10,00	1,00	-0.52000	0.80094	0.964	-2.9933	1.9533
		50,00	0.46250	0.80094	0.976	-2.0108	2.9358
		100,00	1.23500	0.80094	0.553	-1.2383	3.7083
		140,00	2.36500	0.80094	0.064	-0.1083	4.8383
	50,00	1,00	-0.98250	0.80094	0.737	-3.4558	1.4908
		10,00	-0.46250	0.80094	0.976	-2.9358	2.0108
		100,00	0.77250	0.80094	0.867	-1.7008	3.2458
		140,00	1.90250	0.80094	0.176	-0.5708	4.3758
	100,00	1,00	-1.75500	0.80094	0.235	-4.2283	0.7183
		10,00	-1.23500	0.80094	0.553	-3.7083	1.2383
		50,00	-0.77250	0.80094	0.867	-3.2458	1.7008
		140,00	1.13000	0.80094	0.630	-1.3433	3.6033
140,00	1,00	-2,88500*	0.80094	0.019	-5.3583	-0.4117	
	10,00	-2.36500	0.80094	0.064	-4.8383	0.1083	
	50,00	-1.90250	0.80094	0.176	-4.3758	0.5708	
	100,00	-1.13000	0.80094	0.630	-3.6033	1.3433	

Melléklet V. – Salmonella t. és Listeria m. csíraszámváltozása az elektrolizált aktív vizes kezelés hatására az idő függvényében

26. táblázat: Statisztikai alapadatok az idő szempontjából vizsgálva

N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
				Lower Bound	Upper Bound		
5	7.8600	0.00000	0.00000	7.8600	7.8600	7.86	7.86
5	6.6500	1.22362	0.54722	5.1307	8.1693	4.79	7.86
5	6.1980	1.53567	0.68677	4.2912	8.1048	3.93	7.86
5	5.8180	1.76057	0.78735	3.6320	8.0040	3.32	7.86
20	6.6315	1.44399	0.32289	5.9557	7.3073	3.32	7.86

27. táblázat: A csíraszám homogenitásvizsgálata az idő szempontjából

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4.128	3	16	0.024

28. táblázat: A csíraszám értékelése egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA)-val az időtényező szempontjából

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11.796	3	3.932	2.261	0.121

Melléklet VI. – A tárolási próba statisztikai eredményei

29. táblázat: STERIPLANT tárolási próba kétféle ANOVA eredményei

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
szer * konc	0.810	1	0.810	0.294	0.590	0.005

30. táblázat: STERIPLANT párosított t-próba eredményei

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	ppm120 - h2o	-0.84500	0.37194	0.13150	-1.15595	0.53405	-6.426	7	0.000

31. táblázat: REDO párosított t-próba eredményei

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	ppm120 - h2o	-0.26999	0.36294	0.12832	-0.57342	0.03344	-2.104	7	0.073

32. táblázat: STERIPLANT párosított t-próba Enterobacteriaceae tárolási próba eredményeire

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	120 ppm - H2O	-0.592092215635596	0.262654038404204	0.053614031080973	-0.703001289056488	0.481183142214705	-11.044	23	0.000

Melléklet VII. – Nyomáskezelés és elektrolizált aktív vizes kezelés összecsíraszámra gyakorolt azonnali hatásának statisztikai elemzése

Dependent Variable: log TKE/g

Tukey HSD

(I) Csoport	(J) Csoport	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
150 MPa, 2 perc	200 MPa, 2 perc	,3620176*	,0194617	,000	,290686	,433350
	250 MPa, 2 perc	,4580479*	,0194617	,000	,386716	,529380
	400 MPa, 2 perc	,7938668*	,0194617	,000	,722535	,865199
	600 MPa, 2 perc	1,3035061*	,0194617	,000	1,232174	1,374838
	150 MPa, 5 perc	,0675803	,0194617	,085	-,003752	,138912
	200 MPa, 5 perc	,2607868*	,0194617	,000	,189455	,332119
	250 MPa, 5 perc	,6108031*	,0194617	,000	,539471	,682135
	400 MPa, 5 perc	1,0046507*	,0194617	,000	,933319	1,075983
	600 MPa, 5 perc	1,4497998*	,0194617	,000	1,378468	1,521132
	150 MPa, 2 perc, AV	,8554109*	,0194617	,000	,784079	,926743
	200 MPa, 2 perc, AV	1,4673912*	,0194617	,000	1,396059	1,538723
	250 MPa, 2 perc, AV	1,2525351*	,0194617	,000	1,181203	1,323867
	400 MPa, 2 perc, AV	1,3551803*	,0194617	,000	1,283848	1,426512
	600 MPa, 2 perc, AV	1,8404509*	,0194617	,000	1,769119	1,911783
	150 MPa, 5 perc, AV	,8844859*	,0194617	,000	,813154	,955818
	200 MPa, 5 perc, AV	1,4191150*	,0194617	,000	1,347783	1,490447
	250 MPa, 5 perc, AV	2,0091107*	,0194617	,000	1,937779	2,080443
	400 MPa, 5 perc, AV	2,1441207*	,0194617	,000	2,072789	2,215453
	600 MPa, 5 perc, AV	2,0693665*	,0194617	,000	1,998035	2,140699
	200 MPa, 2 perc	150 MPa, 2 perc	-,3620176*	,0194617	,000	-,433350
250 MPa, 2 perc		,0960304*	,0194617	,001	,024698	,167362
400 MPa, 2 perc		,4318492*	,0194617	,000	,360517	,503181
600 MPa, 2 perc		,9414885*	,0194617	,000	,870156	1,012821
150 MPa, 5 perc		-,2944372*	,0194617	,000	-,365769	-,223105
200 MPa, 5 perc		-,1012308*	,0194617	,000	-,172563	-,029899
250 MPa, 5 perc		,2487856*	,0194617	,000	,177454	,320118
400 MPa, 5 perc		,6426331*	,0194617	,000	,571301	,713965
600 MPa, 5 perc		1,0877822*	,0194617	,000	1,016450	1,159114
150 MPa, 2 perc, AV		,4933933*	,0194617	,000	,422061	,564725
200 MPa, 2 perc, AV		1,1053736*	,0194617	,000	1,034042	1,176706
250 MPa, 2 perc, AV		,8905175*	,0194617	,000	,819186	,961850
400 MPa, 2 perc, AV		,9931628*	,0194617	,000	,921831	1,064495
600 MPa, 2 perc, AV		1,4784334*	,0194617	,000	1,407101	1,549765
150 MPa, 5 perc, AV		,5224683*	,0194617	,000	,451136	,593800
200 MPa, 5 perc, AV		1,0570975*	,0194617	,000	,985765	1,128430

	250 MPa, 5 perc, AV	1,6470932*	,0194617	,000	1,575761	1,718425
	400 MPa, 5 perc, AV	1,7821031*	,0194617	,000	1,710771	1,853435
	600 MPa, 5 perc, AV	1,7073490*	,0194617	,000	1,636017	1,778681
250 MPa, 2 perc	150 MPa, 2 perc	-,4580479*	,0194617	,000	-,529380	-,386716
	200 MPa, 2 perc	-,0960304*	,0194617	,001	-,167362	-,024698
	400 MPa, 2 perc	,3358188*	,0194617	,000	,264487	,407151
	600 MPa, 2 perc	,8454581*	,0194617	,000	,774126	,916790
	150 MPa, 5 perc	-,3904676*	,0194617	,000	-,461800	-,319136
	200 MPa, 5 perc	-,1972612*	,0194617	,000	-,268593	-,125929
	250 MPa, 5 perc	,1527552*	,0194617	,000	,081423	,224087
	400 MPa, 5 perc	,5466027*	,0194617	,000	,475271	,617935
	600 MPa, 5 perc	,9917518*	,0194617	,000	,920420	1,063084
	150 MPa, 2 perc, AV	,3973629*	,0194617	,000	,326031	,468695
	200 MPa, 2 perc, AV	1,0093432*	,0194617	,000	,938011	1,080675
	250 MPa, 2 perc, AV	,7944871*	,0194617	,000	,723155	,865819
	400 MPa, 2 perc, AV	,8971324*	,0194617	,000	,825800	,968464
	600 MPa, 2 perc, AV	1,3824030*	,0194617	,000	1,311071	1,453735
	150 MPa, 5 perc, AV	,4264379*	,0194617	,000	,355106	,497770
	200 MPa, 5 perc, AV	,9610671*	,0194617	,000	,889735	1,032399
	250 MPa, 5 perc, AV	1,5510628*	,0194617	,000	1,479731	1,622395
	400 MPa, 5 perc, AV	1,6860727*	,0194617	,000	1,614741	1,757405
	600 MPa, 5 perc, AV	1,6113186*	,0194617	,000	1,539987	1,682651
400 MPa, 2 perc	150 MPa, 2 perc	-,7938668*	,0194617	,000	-,865199	-,722535
	200 MPa, 2 perc	-,4318492*	,0194617	,000	-,503181	-,360517
	250 MPa, 2 perc	-,3358188*	,0194617	,000	-,407151	-,264487
	600 MPa, 2 perc	,5096393*	,0194617	,000	,438307	,580971
	150 MPa, 5 perc	-,7262865*	,0194617	,000	-,797618	-,654954
	200 MPa, 5 perc	-,5330800*	,0194617	,000	-,604412	-,461748
	250 MPa, 5 perc	-,1830637*	,0194617	,000	-,254396	-,111732
	400 MPa, 5 perc	,2107839*	,0194617	,000	,139452	,282116
	600 MPa, 5 perc	,6559330*	,0194617	,000	,584601	,727265
	150 MPa, 2 perc, AV	,0615441	,0194617	,182	-,009788	,132876
	200 MPa, 2 perc, AV	,6735244*	,0194617	,000	,602192	,744856
	250 MPa, 2 perc, AV	,4586683*	,0194617	,000	,387336	,530000
	400 MPa, 2 perc, AV	,5613135*	,0194617	,000	,489982	,632646
	600 MPa, 2 perc, AV	1,0465842*	,0194617	,000	,975252	1,117916
	150 MPa, 5 perc, AV	,0906191*	,0194617	,002	,019287	,161951
	200 MPa, 5 perc, AV	,6252483*	,0194617	,000	,553916	,696580
	250 MPa, 5 perc, AV	1,2152440*	,0194617	,000	1,143912	1,286576
	400 MPa, 5 perc, AV	1,3502539*	,0194617	,000	1,278922	1,421586
	600 MPa, 5 perc, AV	1,2754998*	,0194617	,000	1,204168	1,346832
600 MPa, 2 perc	150 MPa, 2 perc	-1,3035061*	,0194617	,000	-1,374838	-1,232174
	200 MPa, 2 perc	-,9414885*	,0194617	,000	-1,012821	-,870156

	250 MPa, 2 perc	-,8454581*	,0194617	,000	-,916790	-,774126
	400 MPa, 2 perc	-,5096393*	,0194617	,000	-,580971	-,438307
	150 MPa, 5 perc	-1,2359257*	,0194617	,000	-1,307258	-1,164594
	200 MPa, 5 perc	-1,0427193*	,0194617	,000	-1,114051	-,971387
	250 MPa, 5 perc	-,6927029*	,0194617	,000	-,764035	-,621371
	400 MPa, 5 perc	-,2988554*	,0194617	,000	-,370187	-,227523
	600 MPa, 5 perc	,1462937*	,0194617	,000	,074962	,217626
	150 MPa, 2 perc, AV	-,4480952*	,0194617	,000	-,519427	-,376763
	200 MPa, 2 perc, AV	,1638851*	,0194617	,000	,092553	,235217
	250 MPa, 2 perc, AV	-,0509710	,0194617	,501	-,122303	,020361
	400 MPa, 2 perc, AV	,0516743	,0194617	,475	-,019658	,123006
	600 MPa, 2 perc, AV	,5369449*	,0194617	,000	,465613	,608277
	150 MPa, 5 perc, AV	-,4190202*	,0194617	,000	-,490352	-,347688
	200 MPa, 5 perc, AV	,1156090*	,0194617	,000	,044277	,186941
	250 MPa, 5 perc, AV	,7056047*	,0194617	,000	,634273	,776937
	400 MPa, 5 perc, AV	,8406146*	,0194617	,000	,769283	,911947
	600 MPa, 5 perc, AV	,7658605*	,0194617	,000	,694528	,837193
150 MPa, 5 perc	150 MPa, 2 perc	-,0675803	,0194617	,085	-,138912	,003752
	200 MPa, 2 perc	,2944372*	,0194617	,000	,223105	,365769
	250 MPa, 2 perc	,3904676*	,0194617	,000	,319136	,461800
	400 MPa, 2 perc	,7262865*	,0194617	,000	,654954	,797618
	600 MPa, 2 perc	1,2359257*	,0194617	,000	1,164594	1,307258
	200 MPa, 5 perc	,1932064*	,0194617	,000	,121874	,264538
	250 MPa, 5 perc	,5432228*	,0194617	,000	,471891	,614555
	400 MPa, 5 perc	,9370703*	,0194617	,000	,865738	1,008402
	600 MPa, 5 perc	1,3822195*	,0194617	,000	1,310887	1,453551
	150 MPa, 2 perc, AV	,7878306*	,0194617	,000	,716499	,859163
	200 MPa, 2 perc, AV	1,3998109*	,0194617	,000	1,328479	1,471143
	250 MPa, 2 perc, AV	1,1849548*	,0194617	,000	1,113623	1,256287
	400 MPa, 2 perc, AV	1,2876000*	,0194617	,000	1,216268	1,358932
	600 MPa, 2 perc, AV	1,7728706*	,0194617	,000	1,701539	1,844203
	150 MPa, 5 perc, AV	,8169056*	,0194617	,000	,745574	,888238
	200 MPa, 5 perc, AV	1,3515347*	,0194617	,000	1,280203	1,422867
	250 MPa, 5 perc, AV	1,9415304*	,0194617	,000	1,870198	2,012862
	400 MPa, 5 perc, AV	2,0765404*	,0194617	,000	2,005208	2,147872
	600 MPa, 5 perc, AV	2,0017862*	,0194617	,000	1,930454	2,073118
200 MPa, 5 perc	150 MPa, 2 perc	-,2607868*	,0194617	,000	-,332119	-,189455
	200 MPa, 2 perc	,1012308*	,0194617	,000	,029899	,172563
	250 MPa, 2 perc	,1972612*	,0194617	,000	,125929	,268593
	400 MPa, 2 perc	,5330800*	,0194617	,000	,461748	,604412
	600 MPa, 2 perc	1,0427193*	,0194617	,000	,971387	1,114051
	150 MPa, 5 perc	-,1932064*	,0194617	,000	-,264538	-,121874
	250 MPa, 5 perc	,3500164*	,0194617	,000	,278684	,421348
	400 MPa, 5 perc	,7438639*	,0194617	,000	,672532	,815196
	600 MPa, 5 perc	1,1890130*	,0194617	,000	1,117681	1,260345

	150 MPa, 2 perc, AV	,5946241*	,0194617	,000	,523292	,665956
	200 MPa, 2 perc, AV	1,2066044*	,0194617	,000	1,135272	1,277936
	250 MPa, 2 perc, AV	,9917483*	,0194617	,000	,920416	1,063080
	400 MPa, 2 perc, AV	1,0943936*	,0194617	,000	1,023062	1,165726
	600 MPa, 2 perc, AV	1,5796642*	,0194617	,000	1,508332	1,650996
	150 MPa, 5 perc, AV	,6236991*	,0194617	,000	,552367	,695031
	200 MPa, 5 perc, AV	1,1583283*	,0194617	,000	1,086996	1,229660
	, 5 perc, AV	1,7483240*	,0194617	,000	1,676992	1,819656
	400 MPa, 5 perc, AV	1,8833339*	,0194617	,000	1,812002	1,954666
	600 MPa, 5 perc, AV	1,8085798*	,0194617	,000	1,737248	1,879912
250 MPa, 5 perc	150 MPa, 2 perc	-,6108031*	,0194617	,000	-,682135	-,539471
	200 MPa, 2 perc	-,2487856*	,0194617	,000	-,320118	-,177454
	250 MPa, 2 perc	-,1527552*	,0194617	,000	-,224087	-,081423
	400 MPa, 2 perc	,1830637*	,0194617	,000	,111732	,254396
	600 MPa, 2 perc	,6927029*	,0194617	,000	,621371	,764035
	150 MPa, 5 perc	-,5432228*	,0194617	,000	-,614555	-,471891
	200 MPa, 5 perc	-,3500164*	,0194617	,000	-,421348	-,278684
	400 MPa, 5 perc	,3938475*	,0194617	,000	,322516	,465180
	600 MPa, 5 perc	,8389967*	,0194617	,000	,767665	,910329
	150 MPa, 2 perc, AV	,2446078*	,0194617	,000	,173276	,315940
	200 MPa, 2 perc, AV	,8565881*	,0194617	,000	,785256	,927920
	250 MPa, 2 perc, AV	,6417320*	,0194617	,000	,570400	,713064
	400 MPa, 2 perc, AV	,7443772*	,0194617	,000	,673045	,815709
	600 MPa, 2 perc, AV	1,2296478*	,0194617	,000	1,158316	1,300980
	150 MPa, 5 perc, AV	,2736828*	,0194617	,000	,202351	,345015
	200 MPa, 5 perc, AV	,8083119*	,0194617	,000	,736980	,879644
	250 MPa, 5 perc, AV	1,3983076*	,0194617	,000	1,326976	1,469640
	400 MPa, 5 perc, AV	1,5333176*	,0194617	,000	1,461986	1,604650
	600 MPa, 5 perc, AV	1,4585634*	,0194617	,000	1,387231	1,529895
400 MPa, 5 perc	150 MPa, 2 perc	-1,0046507*	,0194617	,000	-1,075983	-,933319
	200 MPa, 2 perc	-,6426331*	,0194617	,000	-,713965	-,571301
	250 MPa, 2 perc	-,5466027*	,0194617	,000	-,617935	-,475271
	400 MPa, 2 perc	-,2107839*	,0194617	,000	-,282116	-,139452
	600 MPa, 2 perc	,2988554*	,0194617	,000	,227523	,370187
	150 MPa, 5 perc	-,9370703*	,0194617	,000	-1,008402	-,865738
	200 MPa, 5 perc	-,7438639*	,0194617	,000	-,815196	-,672532
	250 MPa, 5 perc	-,3938475*	,0194617	,000	-,465180	-,322516
	600 MPa, 5 perc	,4451491*	,0194617	,000	,373817	,516481
	150 MPa, 2 perc, AV	-,1492398*	,0194617	,000	-,220572	-,077908
	200 MPa, 2 perc, AV	,4627405*	,0194617	,000	,391409	,534073
	250 MPa, 2 perc, AV	,2478844*	,0194617	,000	,176552	,319216
	400 MPa, 2 perc, AV	,3505297*	,0194617	,000	,279198	,421862

	600 MPa, 2 perc, AV	,8358003*	,0194617	,000	,764468	,907132
	150 MPa, 5 perc, AV	-,1201648*	,0194617	,000	-,191497	-,048833
	200 MPa, 5 perc, AV	,4144644*	,0194617	,000	,343132	,485796
	250 MPa, 5 perc, AV	1,0044601*	,0194617	,000	,933128	1,075792
	400 MPa, 5 perc, AV	1,1394700*	,0194617	,000	1,068138	1,210802
	600 MPa, 5 perc, AV	1,0647159*	,0194617	,000	,993384	1,136048
600 MPa, 5 perc	150 MPa, 2 perc	-1,4497998*	,0194617	,000	-1,521132	-1,378468
	200 MPa, 2 perc	-1,0877822*	,0194617	,000	-1,159114	-1,016450
	250 MPa, 2 perc	-,9917518*	,0194617	,000	-1,063084	-,920420
	400 MPa, 2 perc	-,6559330*	,0194617	,000	-,727265	-,584601
	600 MPa, 2 perc	-,1462937*	,0194617	,000	-,217626	-,074962
	150 MPa, 5 perc	-1,3822195*	,0194617	,000	-1,453551	-1,310887
	200 MPa, 5 perc	-1,1890130*	,0194617	,000	-1,260345	-1,117681
	250 MPa, 5 perc	-,8389967*	,0194617	,000	-,910329	-,767665
	400 MPa, 5 perc	-,4451491*	,0194617	,000	-,516481	-,373817
	150 MPa, 2 perc, AV	-,5943889*	,0194617	,000	-,665721	-,523057
	200 MPa, 2 perc, AV	,0175914	,0194617	1,000	-,053741	,088923
	250 MPa, 2 perc, AV	-,1972647*	,0194617	,000	-,268597	-,125933
	400 MPa, 2 perc, AV	-,0946195*	,0194617	,001	-,165951	-,023287
	600 MPa, 2 perc, AV	,3906512*	,0194617	,000	,319319	,461983
	150 MPa, 5 perc, AV	-,5653139*	,0194617	,000	-,636646	-,493982
	200 MPa, 5 perc, AV	-,0306847	,0194617	,988	-,102017	,040647
	250 MPa, 5 perc, AV	,5593110*	,0194617	,000	,487979	,630643
	400 MPa, 5 perc, AV	,6943209*	,0194617	,000	,622989	,765653
	600 MPa, 5 perc, AV	,6195668*	,0194617	,000	,548235	,690899
150 MPa, 2 perc, AV	150 MPa, 2 perc	-,8554109*	,0194617	,000	-,926743	-,784079
	200 MPa, 2 perc	-,4933933*	,0194617	,000	-,564725	-,422061
	250 MPa, 2 perc	-,3973629*	,0194617	,000	-,468695	-,326031
	400 MPa, 2 perc	-,0615441	,0194617	,182	-,132876	,009788
	600 MPa, 2 perc	,4480952*	,0194617	,000	,376763	,519427
	150 MPa, 5 perc	-,7878306*	,0194617	,000	-,859163	-,716499
	200 MPa, 5 perc	-,5946241*	,0194617	,000	-,665956	-,523292
	250 MPa, 5 perc	-,2446078*	,0194617	,000	-,315940	-,173276
	400 MPa, 5 perc	,1492398*	,0194617	,000	,077908	,220572
	600 MPa, 5 perc	,5943889*	,0194617	,000	,523057	,665721
	200 MPa, 2 perc, AV	,6119803*	,0194617	,000	,540648	,683312
	250 MPa, 2 perc, AV	,3971242*	,0194617	,000	,325792	,468456
	400 MPa, 2 perc, AV	,4997694*	,0194617	,000	,428437	,571101
	600 MPa, 2 perc, AV	,9850401*	,0194617	,000	,913708	1,056372
	150 MPa, 5 perc, AV	,0290750	,0194617	,994	-,042257	,100407
	200 MPa, 5 perc, AV	,5637042*	,0194617	,000	,492372	,635036
	250 MPa, 5 perc, AV	1,1536999*	,0194617	,000	1,082368	1,225032

	400 MPa, 5 perc, AV	1,2887098*	,0194617	,000	1,217378	1,360042
	600 MPa, 5 perc, AV	1,2139557*	,0194617	,000	1,142624	1,285288
200 MPa, 2 perc, AV	150 MPa, 2 perc	-1,4673912*	,0194617	,000	-1,538723	-1,396059
	200 MPa, 2 perc	-1,1053736*	,0194617	,000	-1,176706	-1,034042
	250 MPa, 2 perc	-1,0093432*	,0194617	,000	-1,080675	-,938011
	400 MPa, 2 perc	-,6735244*	,0194617	,000	-,744856	-,602192
	600 MPa, 2 perc	-,1638851*	,0194617	,000	-,235217	-,092553
	150 MPa, 5 perc	-1,3998109*	,0194617	,000	-1,471143	-1,328479
	200 MPa, 5 perc	-1,2066044*	,0194617	,000	-1,277936	-1,135272
	250 MPa, 5 perc	-,8565881*	,0194617	,000	-,927920	-,785256
	400 MPa, 5 perc	-,4627405*	,0194617	,000	-,534073	-,391409
	600 MPa, 5 perc	-,0175914	,0194617	1,000	-,088923	,053741
	150 MPa, 2 perc, AV	-,6119803*	,0194617	,000	-,683312	-,540648
	250 MPa, 2 perc, AV	-,2148561*	,0194617	,000	-,286188	-,143524
	400 MPa, 2 perc, AV	-,1122109*	,0194617	,000	-,183543	-,040879
	600 MPa, 2 perc, AV	,3730598*	,0194617	,000	,301728	,444392
	150 MPa, 5 perc, AV	-,5829053*	,0194617	,000	-,654237	-,511573
	200 MPa, 5 perc, AV	-,0482761	,0194617	,602	-,119608	,023056
	250 MPa, 5 perc, AV	,5417196*	,0194617	,000	,470388	,613052
	400 MPa, 5 perc, AV	,6767295*	,0194617	,000	,605397	,748062
	600 MPa, 5 perc, AV	,6019754*	,0194617	,000	,530643	,673307
	250 MPa, 2 perc, AV	150 MPa, 2 perc	-1,2525351*	,0194617	,000	-1,323867
200 MPa, 2 perc		-,8905175*	,0194617	,000	-,961850	-,819186
250 MPa, 2 perc		-,7944871*	,0194617	,000	-,865819	-,723155
400 MPa, 2 perc		-,4586683*	,0194617	,000	-,530000	-,387336
600 MPa, 2 perc		,0509710	,0194617	,501	-,020361	,122303
150 MPa, 5 perc		-1,1849548*	,0194617	,000	-1,256287	-1,113623
200 MPa, 5 perc		-,9917483*	,0194617	,000	-1,063080	-,920416
250 MPa, 5 perc		-,6417320*	,0194617	,000	-,713064	-,570400
400 MPa, 5 perc		-,2478844*	,0194617	,000	-,319216	-,176552
600 MPa, 5 perc		,1972647*	,0194617	,000	,125933	,268597
150 MPa, 2 perc, AV		-,3971242*	,0194617	,000	-,468456	-,325792
200 MPa, 2 perc, AV		,2148561*	,0194617	,000	,143524	,286188
400 MPa, 2 perc, AV		,1026452*	,0194617	,000	,031313	,173977
600 MPa, 2 perc, AV		,5879159*	,0194617	,000	,516584	,659248
150 MPa, 5 perc, AV		-,3680492*	,0194617	,000	-,439381	-,296717
200 MPa, 5 perc, AV		,1665800*	,0194617	,000	,095248	,237912
250 MPa, 5 perc, AV		,7565757*	,0194617	,000	,685244	,827908
400 MPa, 5 perc, AV		,8915856*	,0194617	,000	,820254	,962918
600 MPa, 5 perc, AV		,8168315*	,0194617	,000	,745499	,888163
400 MPa, 2 perc, AV		150 MPa, 2 perc	-1,3551803*	,0194617	,000	-1,426512
	200 MPa, 2 perc	-,9931628*	,0194617	,000	-1,064495	-,921831
	250 MPa, 2 perc	-,8971324*	,0194617	,000	-,968464	-,825800
	400 MPa, 2 perc	-,5613135*	,0194617	,000	-,632646	-,489982
	600 MPa, 2 perc	-,0516743	,0194617	,475	-,123006	,019658

	150 MPa, 5 perc	-1,2876000*	,0194617	,000	-1,358932	-1,216268
	200 MPa, 5 perc	-1,0943936*	,0194617	,000	-1,165726	-1,023062
	250 MPa, 5 perc	-,7443772*	,0194617	,000	-,815709	-,673045
	400 MPa, 5 perc	-,3505297*	,0194617	,000	-,421862	-,279198
	600 MPa, 5 perc	,0946195*	,0194617	,001	,023287	,165951
	150 MPa, 2 perc, AV	-,4997694*	,0194617	,000	-,571101	-,428437
	200 MPa, 2 perc, AV	,1122109*	,0194617	,000	,040879	,183543
	250 MPa, 2 perc, AV	-,1026452*	,0194617	,000	-,173977	-,031313
	600 MPa, 2 perc, AV	,4852706*	,0194617	,000	,413939	,556603
	150 MPa, 5 perc, AV	-,4706944*	,0194617	,000	-,542026	-,399362
	200 MPa, 5 perc, AV	,0639347	,0194617	,136	-,007397	,135267
	250 MPa, 5 perc, AV	,6539304*	,0194617	,000	,582598	,725262
	400 MPa, 5 perc, AV	,7889404*	,0194617	,000	,717608	,860272
	600 MPa, 5 perc, AV	,7141862*	,0194617	,000	,642854	,785518
600 MPa, 2 perc, AV	150 MPa, 2 perc	-1,8404509*	,0194617	,000	-1,911783	-1,769119
	200 MPa, 2 perc	-1,4784334*	,0194617	,000	-1,549765	-1,407101
	250 MPa, 2 perc	-1,3824030*	,0194617	,000	-1,453735	-1,311071
	400 MPa, 2 perc	-1,0465842*	,0194617	,000	-1,117916	-,975252
	600 MPa, 2 perc	-,5369449*	,0194617	,000	-,608277	-,465613
	150 MPa, 5 perc	-1,7728706*	,0194617	,000	-1,844203	-1,701539
	200 MPa, 5 perc	-1,5796642*	,0194617	,000	-1,650996	-1,508332
	250 MPa, 5 perc	-1,2296478*	,0194617	,000	-1,300980	-1,158316
	400 MPa, 5 perc	-,8358003*	,0194617	,000	-,907132	-,764468
	600 MPa, 5 perc	-,3906512*	,0194617	,000	-,461983	-,319319
	150 MPa, 2 perc, AV	-,9850401*	,0194617	,000	-1,056372	-,913708
	200 MPa, 2 perc, AV	-,3730598*	,0194617	,000	-,444392	-,301728
	250 MPa, 2 perc, AV	-,5879159*	,0194617	,000	-,659248	-,516584
	400 MPa, 2 perc, AV	-,4852706*	,0194617	,000	-,556603	-,413939
	150 MPa, 5 perc, AV	-,9559651*	,0194617	,000	-1,027297	-,884633
	200 MPa, 5 perc, AV	-,4213359*	,0194617	,000	-,492668	-,350004
	250 MPa, 5 perc, AV	,1686598*	,0194617	,000	,097328	,239992
	400 MPa, 5 perc, AV	,3036697*	,0194617	,000	,232338	,375002
	600 MPa, 5 perc, AV	,2289156*	,0194617	,000	,157584	,300248
150 MPa, 5 perc, AV	150 MPa, 2 perc	-,8844859*	,0194617	,000	-,955818	-,813154
	200 MPa, 2 perc	-,5224683*	,0194617	,000	-,593800	-,451136
	250 MPa, 2 perc	-,4264379*	,0194617	,000	-,497770	-,355106
	400 MPa, 2 perc	-,0906191*	,0194617	,002	-,161951	-,019287
	600 MPa, 2 perc	,4190202*	,0194617	,000	,347688	,490352
	150 MPa, 5 perc	-,8169056*	,0194617	,000	-,888238	-,745574
	200 MPa, 5 perc	-,6236991*	,0194617	,000	-,695031	-,552367
	250 MPa, 5 perc	-,2736828*	,0194617	,000	-,345015	-,202351
	400 MPa, 5 perc	,1201648*	,0194617	,000	,048833	,191497
	600 MPa, 5 perc	,5653139*	,0194617	,000	,493982	,636646
	150 MPa, 2 perc, AV	-,0290750	,0194617	,994	-,100407	,042257
	200 MPa, 2 perc, AV	,5829053*	,0194617	,000	,511573	,654237

	250 MPa, 2 perc, AV	,3680492*	,0194617	,000	,296717	,439381
	400 MPa, 2 perc, AV	,4706944*	,0194617	,000	,399362	,542026
	600 MPa, 2 perc, AV	,9559651*	,0194617	,000	,884633	1,027297
	200 MPa, 5 perc, AV	,5346292*	,0194617	,000	,463297	,605961
	250 MPa, 5 perc, AV	1,1246248*	,0194617	,000	1,053293	1,195957
	400 MPa, 5 perc, AV	1,2596348*	,0194617	,000	1,188303	1,330967
	600 MPa, 5 perc, AV	1,1848806*	,0194617	,000	1,113549	1,256213
200 MPa, 5 perc, AV	150 MPa, 2 perc	-1,4191150*	,0194617	,000	-1,490447	-1,347783
	200 MPa, 2 perc	-1,0570975*	,0194617	,000	-1,128430	-,985765
	250 MPa, 2 perc	-,9610671*	,0194617	,000	-1,032399	-,889735
	400 MPa, 2 perc	-,6252483*	,0194617	,000	-,696580	-,553916
	600 MPa, 2 perc	-,1156090*	,0194617	,000	-,186941	-,044277
	150 MPa, 5 perc	-1,3515347*	,0194617	,000	-1,422867	-1,280203
	200 MPa, 5 perc	-1,1583283*	,0194617	,000	-1,229660	-1,086996
	250 MPa, 5 perc	-,8083119*	,0194617	,000	-,879644	-,736980
	400 MPa, 5 perc	-,4144644*	,0194617	,000	-,485796	-,343132
	600 MPa, 5 perc	,0306847	,0194617	,988	-,040647	,102017
	150 MPa, 2 perc, AV	-,5637042*	,0194617	,000	-,635036	-,492372
	200 MPa, 2 perc, AV	,0482761	,0194617	,602	-,023056	,119608
	250 MPa, 2 perc, AV	-,1665800*	,0194617	,000	-,237912	-,095248
	400 MPa, 2 perc, AV	-,0639347	,0194617	,136	-,135267	,007397
	600 MPa, 2 perc, AV	,4213359*	,0194617	,000	,350004	,492668
	150 MPa, 5 perc, AV	-,5346292*	,0194617	,000	-,605961	-,463297
	250 MPa, 5 perc, AV	,5899957*	,0194617	,000	,518664	,661328
	400 MPa, 5 perc, AV	,7250056*	,0194617	,000	,653674	,796338
	600 MPa, 5 perc, AV	,6502515*	,0194617	,000	,578919	,721584
250 MPa, 5 perc, AV	150 MPa, 2 perc	-2,0091107*	,0194617	,000	-2,080443	-1,937779
	200 MPa, 2 perc	-1,6470932*	,0194617	,000	-1,718425	-1,575761
	250 MPa, 2 perc	-1,5510628*	,0194617	,000	-1,622395	-1,479731
	400 MPa, 2 perc	-1,2152440*	,0194617	,000	-1,286576	-1,143912
	600 MPa, 2 perc	-,7056047*	,0194617	,000	-,776937	-,634273
	150 MPa, 5 perc	-1,9415304*	,0194617	,000	-2,012862	-1,870198
	200 MPa, 5 perc	-1,7483240*	,0194617	,000	-1,819656	-1,676992
	250 MPa, 5 perc	-1,3983076*	,0194617	,000	-1,469640	-1,326976
	400 MPa, 5 perc	-1,0044601*	,0194617	,000	-1,075792	-,933128
	600 MPa, 5 perc	-,5593110*	,0194617	,000	-,630643	-,487979
	150 MPa, 2 perc, AV	-1,1536999*	,0194617	,000	-1,225032	-1,082368
	200 MPa, 2 perc, AV	-,5417196*	,0194617	,000	-,613052	-,470388
	250 MPa, 2 perc, AV	-,7565757*	,0194617	,000	-,827908	-,685244
	400 MPa, 2 perc, AV	-,6539304*	,0194617	,000	-,725262	-,582598
	600 MPa, 2 perc, AV	-,1686598*	,0194617	,000	-,239992	-,097328
	150 MPa, 5 perc, AV	-1,1246248*	,0194617	,000	-1,195957	-1,053293
	200 MPa, 5 perc, AV	-,5899957*	,0194617	,000	-,661328	-,518664

	400 MPa, 5 perc, AV	,1350099*	,0194617	,000	,063678	,206342
	600 MPa, 5 perc, AV	,0602558	,0194617	,210	-,011076	,131588
400 MPa, 5 perc, AV	150 MPa, 2 perc	-2,1441207*	,0194617	,000	-2,215453	-2,072789
	200 MPa, 2 perc	-1,7821031*	,0194617	,000	-1,853435	-1,710771
	250 MPa, 2 perc	-1,6860727*	,0194617	,000	-1,757405	-1,614741
	400 MPa, 2 perc	-1,3502539*	,0194617	,000	-1,421586	-1,278922
	600 MPa, 2 perc	-,8406146*	,0194617	,000	-,911947	-,769283
	150 MPa, 5 perc	-2,0765404*	,0194617	,000	-2,147872	-2,005208
	200 MPa, 5 perc	-1,8833339*	,0194617	,000	-1,954666	-1,812002
	250 MPa, 5 perc	-1,5333176*	,0194617	,000	-1,604650	-1,461986
	400 MPa, 5 perc	-1,1394700*	,0194617	,000	-1,210802	-1,068138
	600 MPa, 5 perc	-,6943209*	,0194617	,000	-,765653	-,622989
	150 MPa, 2 perc, AV	-1,2887098*	,0194617	,000	-1,360042	-1,217378
	200 MPa, 2 perc, AV	-,6767295*	,0194617	,000	-,748062	-,605397
	250 MPa, 2 perc, AV	-,8915856*	,0194617	,000	-,962918	-,820254
	400 MPa, 2 perc, AV	-,7889404*	,0194617	,000	-,860272	-,717608
	600 MPa, 2 perc, AV	-,3036697*	,0194617	,000	-,375002	-,232338
	150 MPa, 5 perc, AV	-1,2596348*	,0194617	,000	-1,330967	-1,188303
	200 MPa, 5 perc, AV	-,7250056*	,0194617	,000	-,796338	-,653674
	250 MPa, 5 perc, AV	-,1350099*	,0194617	,000	-,206342	-,063678
	600 MPa, 5 perc, AV	-,0747541*	,0194617	,030	-,146086	-,003422
	600 MPa, 5 perc, AV	150 MPa, 2 perc	-2,0693665*	,0194617	,000	-2,140699
200 MPa, 2 perc		-1,7073490*	,0194617	,000	-1,778681	-1,636017
250 MPa, 2 perc		-1,6113186*	,0194617	,000	-1,682651	-1,539987
400 MPa, 2 perc		-1,2754998*	,0194617	,000	-1,346832	-1,204168
600 MPa, 2 perc		-,7658605*	,0194617	,000	-,837193	-,694528
150 MPa, 5 perc		-2,0017862*	,0194617	,000	-2,073118	-1,930454
200 MPa, 5 perc		-1,8085798*	,0194617	,000	-1,879912	-1,737248
250 MPa, 5 perc		-1,4585634*	,0194617	,000	-1,529895	-1,387231
400 MPa, 5 perc		-1,0647159*	,0194617	,000	-1,136048	-,993384
600 MPa, 5 perc		-,6195668*	,0194617	,000	-,690899	-,548235
150 MPa, 2 perc, AV		-1,2139557*	,0194617	,000	-1,285288	-1,142624
200 MPa, 2 perc, AV		-,6019754*	,0194617	,000	-,673307	-,530643
250 MPa, 2 perc, AV		-,8168315*	,0194617	,000	-,888163	-,745499
400 MPa, 2 perc, AV		-,7141862*	,0194617	,000	-,785518	-,642854
600 MPa, 2 perc, AV		-,2289156*	,0194617	,000	-,300248	-,157584
150 MPa, 5 perc, AV		-1,1848806*	,0194617	,000	-1,256213	-1,113549
200 MPa, 5 perc, AV		-,6502515*	,0194617	,000	-,721584	-,578919
250 MPa, 5 perc, AV		-,0602558	,0194617	,210	-,131588	,011076
400 MPa, 5 perc, AV		,0747541*	,0194617	,030	,003422	,146086

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Melléklet VIII.-Füstölt pontyfilé pH-mérésének statisztikai elemzése
Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Square
Corrected Model	4,566a	29	0,157	78,684	,000	,974
Intercept	2867,716	1	2867,716	1433062	,000	1,000
Nyomáskezelés (A)	2,006	2	1,003	501,345	,000	,944
Tárolási hőmérséklet (B)	0,212	1	0,212	106,035	,000	,639
Tárolási idő (C)	0,27	4	0,067	33,725	,000	,692
AB	0,347	2	0,173	86,669	,000	,743
AC	1,407	8	0,176	87,915	,000	,921
BC	0,108	4	0,027	13,459	,000	,473
ABC	0,216	8	0,027	13,463	,000	,642

R Squared = ,974 (Adjusted R Squared = ,962)

Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet és hálámat szeretném kifejezni témavezetőmnek **Dr. Friedrish László Ferencnek**, valamint **Dr. Balla Csabának**, akikhez bármikor fordulhattam kérdéseimmel, és fejlődésemet mindvégig segítették.

Szeretném kifejezni köszönetemet a kutatási munkában való közreműködésért az NVKP_16-1-2016-0023 K+F projekt keretében **Jónás Gábornak, ifj. Palotás Péternek, Südi Gergelynek, Török Dávidnak, Dr. Csehi Barbarának és Salamon Bertoldnak**.

Külön köszönet illeti családomat, feleségemet, szeretteimet, hogy támogattak, bátorítottak és bíztattak a doktori munkám elvégzése során.