

DIPLOMADOLGOZAT

Lakatos Márta

2024



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Budai Campus**

**Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék
Élelmszieszbiztonsági- és minőségi mérnöki mesterképzési szak**

**KÍMÉLETES TARTÓSÍTÓ TECHNOLOGIÁK, MINT A SOUS-VIDE
ÉS A NAGYNYOMÁSÚ KEZELÉS
HATÁSA A KACSAMELL EGYES MINŐSÉGI JELLEMZŐIRE**

**Konzulens: dr. Kenesei György
egyetemi adjunktus**

Készítette: Lakatos Márta

**Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék
2024**

TARTALOMJEGYZÉK

1	BEVEZETÉS	4
2	CÉLKITÚZÁS	6
3	SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
3.1	A hús összetétele, szerkezete, jellemzői.....	7
3.1.1	A hús érése	7
3.1.2	A hús felépítése	8
3.1.3	A hús fehérjéi	9
3.1.4	A hús színe.....	9
3.1.5	A hús mikrobiológiai biztonsága	10
3.1.6	A házikacsa húsa	11
3.2	Kíméletes tartósító technológiák	11
3.2.1	Sous-vide technológia.....	12
3.2.2	A sous-vide kezelés húsról gyakorolt hatása	13
3.2.3	Nagy Hidrosztatikus Nyomáskezelés (HHP)	15
3.2.4	A Nagy Hidrosztatikus Nyomáskezelés húsról gyakorolt hatása.....	17
3.2.5	Kombinált módszerek és gátelmélet	18
4	ANYAG ÉS MÓDSZER	21
4.1	A vizsgálatok alapanyaga és előkészítése	21
4.2	Az alkalmazott kezelések	21
4.2.1	Sous-vide kezelés.....	22
4.2.2	Nagy Hidrosztatikus Nyomáskezelés	22
4.3	Alkalmazott vizsgálati módszerek	23
4.3.1	Tömegveszteség meghatározása	23
4.3.2	pH-érték meghatározása.....	23
4.3.3	Az állományváltozás mérése	24
4.3.4	Szín mérés	25
4.3.5	DSC termoanalitikai vizsgálat	25
4.4	Alkalmazott statisztikai programok, módszerek.....	27
5	EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS	28
5.1	A pH érték alakulása	28
5.2	Tömegveszteség értékek alakulása	29
5.3	Szín mérés eredményei	30
5.4	Állomány mérés eredményei	33
5.5	DSC mérés eredményei	35
5.6	A diszkriminancia analízis eredményei	35
6	ÖSSZEFOGLALÁS.....	39
7	IRODALOMJEGYZÉK.....	41

1 BEVEZETÉS

A húsfogyasztásról társadalmi szinten megoszlanak a vélemények. A különböző etikai, fenntarthatósági egészségügyi aggályok miatt egyre nő a húsmentes diéták népszerűsége. A táplálkozástudományi szakemberek egybehangzó véleménye szerint azonban a mérsékelt húsfogyasztásnak fontos szerepe van a táplálkozásban. A Magyar Dietetikusok Országos Szövetsége hetente 350 – 500 g hús fogyasztását javasolja. Biológiai értéke a fehérjetartalmának köszönhető. Amellett, hogy magas fehérjetartalom jellemzi (átlagosan 17 – 20 %), teljes értékű fehérjeforrás. Ez azt jelenti, hogy az esszenciális aminosavakat, melyekhez csak táplálkozás útján juthatunk, megfelelő mennyiségben és arányban tartalmazza. A húsban található mioglobin is értékes tápanyag, jelentős vasforrás a szervezet számára. A vasnak ez a formája lényegesen jobban hasznosítható, mint a növényi élelmiszerekben lévő. Jelentős még a vitamin-, és ásványianyagtartalma is. A hús táplálkozásélettani hatása mellett élvezeti értéke sem elhanyagolható, különböző konyhatechnikai eljárásokkal számos formában elkészíthetők (Rigó, 2013) (Henter, 2013).

A hús rendkívül romlandó élelmiszer, mert víztartalma és összetétele (pl.: aminosavak, fémionok, glikogén stb..) kiváló táptalaj a mikrobák számára. A mikrobiológiai romlás mellett, hogy negatívan befolyásolja az étel érzékszervi tulajdonságait, a patogén mikroorganizmusok jelenléte fogyasztó egészségére nézve is veszélyes. A megfelelő tartósítás tehát kiemelt jelentőségű. A biztonságos élelmiszer előállítása mellett a fogyasztói igényeket is figyelembe kell venni. A tartósítószerrel és adalékanyagokkal kezelt, sok feldolgozási lépésen átesett termékek ellenérzést váltanak ki a fogyasztókban. Növekszik az igény a kevésbé feldolgozott, adalékanyagmentes, friss megjelenésű termékek iránt. Ugyanakkor fontos kényelmi szempont a hosszú eltarthatósági idő is. Az élelmiszeripar kihívása az olyan kíméletes tartósító eljárások kifejlesztése, melyek kielégítik ezeket az igényeket. A kíméletes tartósítási eljárásokra a nemzetközi irodalom a „minimal processing” kifejezést használja. A minimálisan feldolgozott élelmiszer a lehető legkisebb szükséges behatást alkalmazza a biztonságos termék előállítás érdekében (Hugas, és mtsai., 2002).

A kíméletes tartósító technológiák közül jelen dolgozatban a nagy hidrosztatikus nyomáskezeléssel (High Hydrostatic Pressure – HHP) és a sous-vide kezeléssel foglalkozom.

Kísérleteimben az egyszeres és kombinált kezelések, illetve a beállított kezelési paraméterek változtatásának húsról gyakorolt hatásait vizsgálom. Ebben a témában számos szakirodalom fellelhető a nemzetközi irodalomban, illetve a tanszéken is készültek ilyen irányú kísérletek, azonban kacsamell mintával kevesen foglalkoztak. Érdekesnek tartottam ezért vizsgálataim alapanyagául a kacsamellet választani, és megvizsgálni, erre a hússzövetre milyen hatással vannak ezek a kéméletes tartósító kezelések.

2 CÉLKITÚZÁS

Diplomadolgozatom célja, hogy különböző fizikai-kémiai (pH, szín, állomány, tömegvesztesség, fehérjeállapot) paramétereket vizsgálva megállapítsam, hogyan hatnak a kacsamell minta ezen tulajdonságaira a következő kémiletes kezelések:

- Sous-vide hőkezelés 55 és 60 °C-on
- Nagy hidrosztatikus nyomáskezelés 300 és 600 MPa-on

A kezeléseket egyszeresen, kombinálva és a sorrend felcserélésével is végrehajtottam, így lehetőségem nyílik választ kapni az alábbi kérdésekre:

- Befolyásolja-e az eredményt, hogy 55 vagy 60 °C-on történik a hőkezelés?
- Befolyásolja-e az eredményt, hogy 300 vagy 600 °C-on történik a nyomáskezelés?
- Milyen hatással van a mintára a kombinált kezelés az egyszereshez képest?
- Számít-e a kombinált kezelések sorrendje, és ha igen, mi a termék szempontjából az optimális?

3 SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1 A hús összetétele, szerkezete, jellemzői

Húsnak nevezzük az állatok emberi fogyasztásra alkalmas izomzatát, de az egyéb fogyasztható részek is ide tartoznak (pl: ínszövet, kötőszövet, zsírszövet). Fő tápanyagok közül fehérjét és zsírt tartalmaz legnagyobb mennyiségben, szénhidrátartalma alacsony. Táplálkozásbiológiai szempontból fontos fehérjeforrás, mert fehérjéi az emberi szervezet számára jól hasznosíthatók. A benne lévő mioglobint jelentős vasforrás. E mellett vitaminokat, és ásványi anyagokat tartalmaz. A vágóállatok hújának makroösszetételi adatait több tényező befolyásolja, például a fajta, a kor, a nem, a testtáj, vagy a tartás módja és körülményei. Átlagosan elmondható, hogy 75 % vizet, 20 % fehérjét és 5 % zsírt és egyéb anyagot tartalmaz (Deák, és mtsai., 2006) (Henter, 2013) (Gasztonyi és Lásztity, 1993).

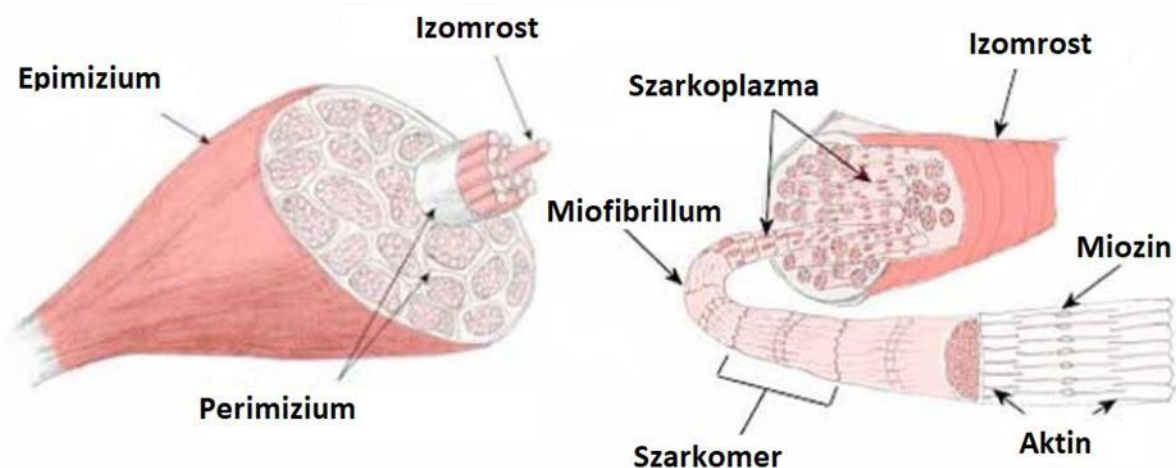
A húsminőség alatt a termék fizikai-, kémiai-, és biológiai tulajdonságait értjük. Ezek a vágás után a hús érése során alakulnak ki. A minőséget több aspektusból is vizsgálhatjuk, például táplálkozás-élettani-, érzékszervi-, élelmiszerbiztonsági-, vagy technológiai tulajdonságai alapján. Ez utóbbihoz tartozik a szín, az állomány, a pH, a víztartalom, a vízkötő képesség és a fehérje-, valamint zsírminőség (Vadáné, 1999). Jelen dolgozat főként a hús technológiai tulajdonságainak változásával foglalkozik.

3.1.1 A hús érése

Az állat levágása utáni biokémiai folyamatot nevezik a hús érésének, ennek eredményeképp lesz az izomszövetből élelmiszeripari alapanyag, azaz hús. Érés során három szakaszt különböztetünk meg: a hullamerevséget (rigor mortis), valamint az azt megelőző (pre rigor) és azt követő (post rigor) állapotokat. Az elhalt állatban a vérkeringés megszűnik, ezáltal az izomszövet oxigénellátása is. Anaerob glikolízis váltja fel az aerob energiatermelő folyamatot. A glikogénből, azaz az izomszövet szénhidrát raktárából tejsav képződik, ami pH csökkenést eredményez. Amikor az oxigénszint-csökkenés eléri azt a határt, ami már nem elegendő az aktin-miozin kapcsolat gátlására, az izmok nem tudnak elernyedni, bekövetkezik a hullamerevség. Bizonyos idő eltelte után a fehérjebontó enzimek hatására a merevség feloldódik, kialakulnak az érett húsról jellemző tulajdonságok. A hús érési folyamata lehet

kedvező, végterméke a „normál hús”, illetve rendellenes. A normál hús pH-ja 5,5 – 5,8. A rendellenes húsérési folyamat nem megfelelő minőségű terméket eredményez, és gyorsan romlik. A DFD (Dark, Firm, Dry) azaz sötét, merev, száraz hús esetében a pH magas marad (6,2 – 6,8). Ennek magyarázata, hogy a vágás előtti stressz hatására a glikogénszint lecsökken, ami miatt az érés során kevesebb tejsav képződik. A PSE (Pale, Soft, Exudative) azaz világos, laza, vizenyős típusú húshibára jellemző az alacsony pH, és a rossz vízmegtartó képesség. A DFD húshiba leginkább marhánál, esetleg sertésnél jelentkezhet, még a PSE baromfi húsnál is előfordul (Deák, és mtsai., 2006) (Balázs, 2009) (Barkó, és mtsai., 2022) (Gasztonyi és Lásztity, 1993).

3.1.2 A hús felépítése



1. ábra

Az izom szerkezeti felépítése (teachpe.com: Skeletal Muscle Structure)

Az izom szerkezeti felépítését az 1. ábra szemlélteti. Az izmok kötőszöveti rostokból álló inakkal kapcsolódnak a csontokhoz, ízületekhez. Az izomszövet főként harántcsíkolt izmok izomkötegeiből állnak, melyeket kötőszöveti hártya, az epimizium határolja el egymástól. Az izomkötegekben vannak az izomnyalábok, ezeket a perimizium nevű kötőszöveti elemek választják el egymástól. Az izomnyalábok izomrostokból állnak, ezek felszínén szarkolemma vagy plazmolemma van. Az izomrost belsejében található a miofibrillumok. A miofibrillumok körüli teret a szarkoplazma tölti ki, ez az izomrost protoplazmája. Az izomrost ismétlődő egységekből áll, ezek a szarkomerek. A szarkomer világos és sötét rendezett szakaszokból áll. A sötét zónát főként miozin alkotja, a világos részt pedig az α - β -, és F-aktin illetve a tropomiozin és troponin komplex. A miofibrillumon belül szabályos elrendeződésben vékony

és vastag filamentumok helyezkednek el. A mozgás ezen filamentumok összehúzódásával (kontrakció) és széthúzódásával (relaxáció) valósul meg. A kontraktilis elemek párhuzamosak a rostok hossz tengelyével, így hosszanti csíolatuk szembeötlő (Gasztonyi és Lásztity, 1993).

3.1.3 A hús fehérjéi

Oldhatóság alapján három csoportba sorolhatjuk a húsfehérjéket. A miofibrilláris fehérjék magas sókoncentrációjú oldatban oldhatók, a szarkoplazma fehérjék vízben, gyenge sóoldatban oldódnak, a kötőszöveti fehérjék pedig vízben és sóoldatban is oldhatatlanok. A miofibrilláris fehérjék a hús fehérjéinek a legnagyobb részét képezik (50 – 55 %). Fő alkotóelemei a miozin, az aktin és a titin. A szarkoplazma fehérjék legnagyobb része enzim, ide tartozik a mioglobín és hemoglobín is. A kötőszöveti fehérjék funkciója a mechanikai védőhatás és szerkezetkialakítás, ennek megfelelően mechanikailag ellenállóak és natív állapotban emészthetetlenek. Ide sorolható a kollagén, az elasztin és a retikulin. Forró vízben a kollagénrostok irreverzibilis zsugorodáson esnek át, hosszúságuk harmadára rövidül. A forralás következtében kioldódó zselatin viszkózus oldatokat képez, mely hőelvonás következtében géllé dermed. Natív állapotában kollagenáz enzimmel bontható, emésztő enzimekkel nem. Denaturált állapotban az emésztőrendszer fehérjebontó enzimeit képesek peptidre és aminosavakra bontani. A kollagén fehérjék szerkezete az állat növekedése során folyamatosan változik, így az állat kora befolyásolja a hús fizikai tulajdonságait. Az elasztin rugalmasságot kölcsönöz a rostoknak, ellenállóképessége és szilárdsága a kollagénnál is erősebb. Emészthetlenségét a hőkezelés sem befolyásolja (Gasztonyi és Lásztity, 1993) (MATE).

3.1.4 A hús színe

Az izom festékanyaga a mioglobín-, a véré pedig a hemoglobín nevű fehérje. A mioglobín az izomsejt plazmájában, míg a hemoglobín a vörösvértestekben található meg. A hemoglobín feladata a tüdőből felvett oxigén sejtekhez szállítása. Innen a mioglobín veszi át és tárolja átmenetileg az oxigént. A bálna húsa azért sötétvörös, mert magas a mioglobín tartalma, ennek köszönhetően sokáig képes tárolni az oxigént és percekig kibírja a víz alatt. Az izmok mioglobín koncentrációja a mozgási aktivitással is szoros kapcsolatban van. Azok az izmok, amelyek több munkát végeznek, több mioglobint tartalmaznak. Befolyásol még az állat kora, neme, életmódja és egyéb más tényező (Balázs, 2009).

A mioglobin színes részét a vastartalmú hem csoport alkotja. A molekulában lévő vas Fe^{2+} Fe^{3+} ionná oxidálódhat, továbbá a hem csoport képes reverzibilisen megkötni az oxigént és egyéb gázokat (CO, NO). Ezek a változások a hús színében is megjelennek. A mioglobin alap állapota a deoximioglobin (Fe^{2+}), melynek színe bíborlila. A vágás pillanatában ez a szín jellemzi a húst. A levegő oxigénjével érintkezve a hem csoport oxigént köt meg, ezt hívjuk oximioglobinnak (Fe^{2+}). Az átalakulás a vágást követő néhány percben végbemegy a hús felszínén, színe élénkpirossá alakul. Tárolás következtében a belső rétegekben az oximioglobin több lépésben metmioglobinná alakul, ahol a Fe^{2+} ion Fe^{3+} ionná oxidálódik. A metmioglobin jellegzetes barnás-szürkés színű. A folyamatot elősegíti a hőhatás és az UV sugárzás. Az idő előrehaladtával az oxidált réteg nő, ennek következtében a hús barnul. A hőkezelés hatására denaturálódott mioglobin is barnás színűvé válik (MATE). Ez az érzékszervi szempontból előnytelen változás pácsó adagolásával kiküszöbölhető, de jelen dolgozatomban az adalékanyagok hatásait nem vizsgálom.

3.1.5 A hús mikrobiológiai biztonsága

A hússzövet ideális tápközeg a mikrobák számára. Szaporodásukat a húsban található tápanyagok és a magas vízaktivitás (a_w : 0,98 – 0,99) nagy mértékben segítik. Az egészséges állat hússzöveve steril, a levágás időpontjában mikrobáktól mentes. A szennyeződés különböző forrásokból kerülhet a termékre például az állat kültakarójáról, béltraktusából, a szelételő késről, a dolgozók kezéről stb.... A vágást követően a baromfihús mikrobiotájában a Gram-negatív baktériumok (*Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *enterobaktériumok* stb.) dominálnak. Megtalálhatóak még Gram-pozitív baktériumok (főként mikrokokkuszok és vagokokkuszok, *Brochothrix* nemzetség tagjai), élesztőgombák (*Candida*, *Rhodotorula*, *Debaryomyces* és *Yarrowia* nemzetség), és penészgombák is (*Penicillium*, *Mucor* és a *Cladosporium* nemzetség). Emberi szervezetet megbetegítő, azaz patogén baktériumok közé a *Salmonella*, a *Campylobacter* és a *Listeria* fajokat soroljuk. A baromfihús romlását leggyakrabban a *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Moraxella* fajok, valamint a *Schewanella putrefaciens* okozza. A romlás főként a bőr felszíni romlására korlátozódik, szag-, és nyálkaképződést és elszíneződést okozva. Oxigénmentes csomagolásban a *Schewanella putrefaciens* és a *Brochothrix thermosphacta* mellett a tejsavbaktériumok okoznak romlást. A hús tehát gyorsan romló élelmiszer, ezért szükséges valamilyen tartósítási módszer alkalmazása. A romlást okozó

mikroorganizmusok rontják a termék érzékszervi tulajdonságait, továbbá a fogyasztó egészségét is károsíthatják. (Deák, és mtsai., 2006).

3.1.6 A házikacsa húsa

Vizsgálataim alapanyaga baromfihús, azon belül is a házikacsa (*Anas platyrhynchos domestica*) mellhúsa. A kacsának a mellét fogyasztják legtöbbször, de ezen kívül még készülhet étel a májából, a láb részekből, illetve a zsíra is kedvelt élelmiszer. Hazánkban a kacsafogyasztás nem számottevő, inkább az ünnepi fogások alapanyaga. A Baromfi Termék Tanács 2019-ben közzétett adatai szerint a hazai egy főre vetített baromfifogyasztás 29,2 kg volt, ebből a kacsamindössze 2,35 kg-ot tett ki (Baromfi Termék Tanács, 2021). Tápanyagtartalmát tekintve a kacsapecsenye zsírtartalma magasnak (12 g / 100 g), fehérjetartalma átlagosnak (19 g / 100 g) mondható más húsok összehasonlításában (Bíró és Linder, 1995). Magas zsírtartalma miatt íze intenzívebb, emészthetősége nehezebb a pulykához és a csirkéhez képest. Húsa a sertéshez hasonlóan vöröses-rózsaszín, ezért a barna húsú szárnyasokhoz soroljuk. A sötétebb színt a magasabb arányú mioglobinnak adja, ami megközelítőleg 0,3 %. Ez csirkénél átlagosan 0,05 %, sertésnél 0,2 %, bányánál 0,6 %, marhánál pedig 0,8 % (Farrimond, 2023).

3.2 Kíméletes tartósító technológiák

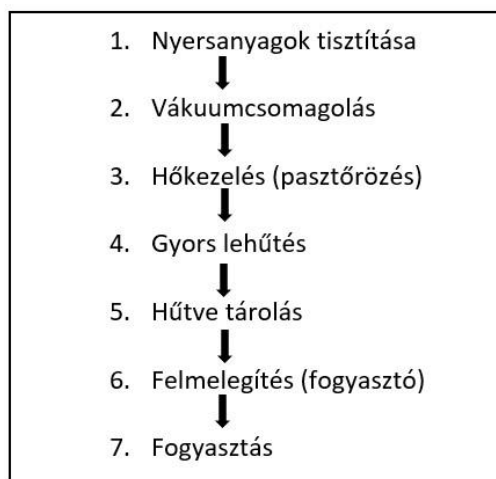
A kíméletes kezelések többféleképpen is definiálhatók. Célja, az élelmiszerek tápértékének és frissességének megőrzése mellett a megfelelő eltarthatóság biztosítása. Fellow megfogalmazásában olyan tartósítási eljárás, mely a legnagyobb mértékben megőrzi az élelmiszer élvezeti és táplálkozási értékét azáltal, hogy csökkentjük a tradicionálisan alkalmazott eljárások hatásait (Siddiqui és Rahman, 2015).

A kíméletes kezelések a következő két fő csoportra oszthatók: 1: hőkezelési eljárások, 2: nem termikus kíméletes technológiák. Az első csoportba tartozik az infravörös hőszugárzás, a mikrohullámú melegítés, az ohmikus melegítés, a nagyfrekvenciás melegítés és természetesen a sous-vide kezelés. Nem termikus eljárás a pulzáló elektromos térerő alkalmazása, a módosított atmoszférás csomagolás, a besugárzás, az ultrahangos-, és a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés (Balla, 2006).

3.2.1 Sous-vide technológia

A sous-vide francia kifejezés, jelentése vákuum alatt. Az eljárás lényege, hogy a légmentesen lezárt alapanyagokat alacsony hőmérsékleten hőkezelik, majd gyorsan +3 °C alá hűtik, és hűtve tárolják a fogyasztásig. A hőkezelési paraméterek (idő, hőmérséklet) szigorúan szabályozottak. A hagyományos főzéssel ellentétben a termék érzékszervi minősége kedvezőbb, tápanyagtartalmát jobban megőrzi. Nem alakulnak ki pörkanyagok, a Maillard reakció nem indul be és nem jelennek meg a jellegzetes sült ízek a termékben. A technológia nem újkeletű, első gasztronómiai alkalmazása 1974-ben történt Georges Pralus francia séf által. Célja a libamáj sülési veszteségének csökkentése volt. Vákuumcsomagolás hatására a kiolvadó zsír mennyiségét 30 – 50 %-ról 5 %-ra csökkentette. Alkalmazása leginkább a catering szektorban terjedt el. Alapanyagai főként húsok, halak és zöldségfélék.

A technológia lépései az alábbi ábrán láthatók. A nyersanyagok előkészítése hús esetében a csontozást, darabolást, részekre bontást jelenti. Az alapanyagok feldolgozása során a hűtve tárolás és a higiéniai gyakorlatok betartása különösen fontos, mert minél kisebb az induló mikrobaszám, az eltarthatóság annál hosszabb. A csomagolóanyag kiválasztásánál figyelembe kell venni néhány szempontot. Fontos, hogy hőrezisztens, élelmiszerbarát, hermetikus zárásra képes, hegeszthető és rugalmas legyen. A csomagolásban történő hőkezelés, és az abban való tárolás mechanikus védelmet ad a terméknek a kereszt- és utófertőzések ellen. A hőkezelés célja az elvárt érzékszervi tulajdonságok kialakítása, továbbá az esetlegesen jelenlévő kórokozók kívánt mértékű csökkenése. Minimum követelmény a patogén mikroorganizmusok 6 nagyságrendű csökkenése (6D elv), mely a pasztörözés hatásával egyenértékű. A hőkezelő berendezések kontrollja és hatékony szabályozása kiemelten fontos, mert az egyenetlen hőmérséklet-eloszlás elégtelen hőkezelést eredményez. A kezelés befejeztével a termék hőmérséklete optimális a mikrobák szaporodásához (55 – 10 °C), ezért a hűtést mihamarabb meg kell kezdeni. A termékek csak lehűtés után kerülhetnek a tároló hűtőszekrényekbe. Az alacsony hőmérsékleten való tárolás (lehetőség szerint 4 - 8 °C) visszaszorítja a baktériumok szaporodását és a toxinképződés is meggátolható. Utolsó lépésben a felmelegítés kialakítja a végleges optimális érzékszervi tulajdonságokat (Dalmadi és Polyákné, 2006).



2. ábra

A sous-vide készítmények előállítási technológiája (Dalmadi és Polyákné, 2006)

3.2.2 A sous-vide kezelés húsról gyakorolt hatása

A dolgozat szempontjából fontos technológiai hatások az állomány-, és színváltozás és a főzési veszteség alakulása. Az eljárás pozitív hatással van az élelmiszerek érzékszervi tulajdonságaira, különösképp az állomány és a zamat tekintetében. A hermetikus zárás visszatartja az illékony aromakomponenseket, így az ízek és aromák intenzíven megmaradnak. Emiatt a fűszerek és a só mennyiségét érdemes harmadára csökkenteni. A tasakban főzésnek köszönhetően a hús nem szárad ki, nedvességét jobban megtartja. Valamennyi húslé így is kiválik, mert a hő hatására a fehérjék denaturálódnak, ami a víztartó képességük csökkenéséhez vezet. A kötött víz szabaddá válik, ezt a kivált húslét látjuk a zárt tasakban a hús mellett. A főzési veszteség a vákuumcsomagolásnak köszönhetően 25 – 40 %-ról 5 – 10 %-ra csökkenthető, ami a gyártók számára kedvező gazdasági szempont (Dalmadi és Polyákné, 2006). A főzési veszteség mértékére az alkalmazott hőmérséklet nagyobb hatással van, mint a kezelés ideje. Azonos húsfajták esetében az állat kora a lévesztiséget nagy mértékben befolyásolja (Latoch, és mtsai., 2023).

Denaturáció alatt a fehérjék natív szerkezetének változását értjük, mely nem terjed ki a peptidkötésekre, de a diszulfid hidak felszakadása előfordulhat. Denaturáció minden olyan behatás, mely a hidrogénhíd, az ionkötés vagy a hidrofób kötés felbomlását okozza. A denaturálódott fehérje tulajdonságai megváltoznak. Az oldékonyság és a vízkötő képesség csökken, és elvész a biológiai aktivitás (Csapó, 2007).

A főzés hatására bekövetkező állományváltozásoknak oka a fehérjék átalakulása. A kollagén hőkezelés hatására oldódik, ami puhítja az állományt. A miofibrilláris fehérjék ugyanakkor denaturációt szenvednek, ami keményíti az állományt (Li, és mtsai., 2013). A legtöbb általam olvasott szakirodalomban az állományváltozást Warner-Bratzler cella alkalmazásával végezték. A műszer azt a nyíróerőt méri, ami egységnyi meghatározott húsdarab átvágásához szükséges. Murphy és Marks csirkemell pogácsákat kezelt különböző maghőmérsékleten (40 – 80 °C) állománymérés és főzési veszteség meghatározása céljából. Azt tapasztalták, hogy a 40 és 60 °C hőmérsékletekhez tartozó nyíróerő 150 %-kal nőtt. A 60 és 80°C hőmérsékletekhez tartozó nyíróerő azonban 14,2 %-kal csökkent. A lágyulást a kötőszövet, azaz a kollagén oldódásával és zselatinizálódásával, a keményedést a miofibrilláris fehérjék agglutinációjával magyarázzák. A kollagén zsugorodás 60 – 70 °C között megy végbe, és 80°C-nál alakul zselatinná. Eredményeikben a víztartó képesség a hőmérséklet emelkedésével csökkent, melynek oka az aktin és a miozin denaturálódása és perimizium zsugorodása. Alakváltozásuk kiszorítja a szarkoplazmikus folyadékot az izomrostok közül. (Murphy és Marks, 2000). Chao Li és munkatársai kacsamellen végeztek hasonló vizsgálatokat. A nyíróerő a következőképpen alakult: 40 – 50°C és 60 – 95 °C között növekedést tapasztaltak, a köztes tartományban pedig csökkenést. Szerintük a keményedés az első szakaszban a kötőszövet zsugorodása, a második pedig a már említett miofibrilláris fehérjék denaturációja miatt történt. Eredményeik azt mutatják, hogy az izomrostok zsugorodása folyamatos volt 40-95 °C tartományban, a kötőszöveté pedig a főzési folyamat korábbi szakaszában következett be, 60 °C alatti hőmérsékleten (Li, és mtsai., 2013)

A kezelés hatására bekövetkező színváltozást főként a mioglobintartalom és annak denaturáltsági foka határozza meg, de a miofibrilláris és a szarkoplazmikus fehérjék változása is fontos tényező a főtt hús színének alakulásában. A vörös színezet csökkenése arányos a mioglobin denaturációjával, mely megközelítőleg 60 °C-on indul be (Shin, és mtsai., 2023). A sárgás-barnás elszíneződés a metimioglobin-tartalom növekedésének tudható be. A folyamatot oxidáció okozza, melyet a hőmérséklet és a pH növekedés felgyorsít (Rezler, és mtsai., 2023). A kacsahús mioglobin tartalma a sertéshúshoz áll a legközelebb. Su-In Hwang és munkatársai sertéskarajt kezeltek 50 – 60 °C-on 12 – 24 óráig. A különböző módon kezelt minták nem mutattak szignifikáns színbeli eltérést. Színük azonos volt a hagyományosan főzött hús színével. A nyers húshoz képest viszont színük világosodott, a piros színezet csökkent, a sárga pedig nőtt. (Hwang, és mtsai., 2019). Ryszard Rezler és munkatársai is hasonló

megállapításra jutottak, akik 60 °C-on 6 és 18 óráig kezelték a húst (Rezler, és mtsai., 2023). Ennek oka az lehet, hogy az óráig tartó kezelés hatására az összes mioglobinnal denaturálódott formában volt jelen.

Kenesei sertéskaraját 60 °C-on 60 percig. Ezek a paraméterek közelebb állnak a jelen dolgozatban bemutatott rövid idejű, alacsony hőmérsékleten végzett kezelésekhez. A kezelt hús színe világosodott, sárga színezete nőtt, a vörös színezet pedig nem mutatott csökkenést (Kenesei, 2018).

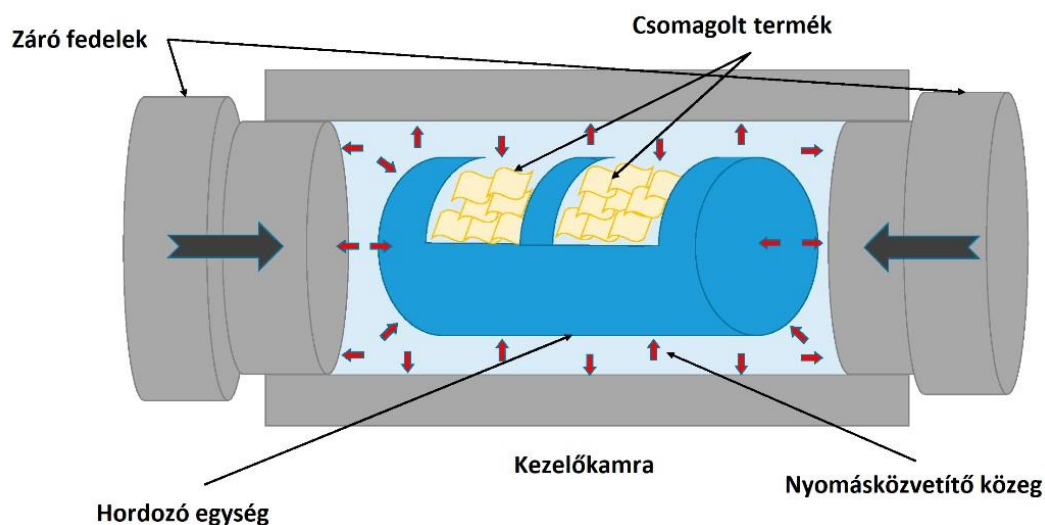
Merve Bıyıklı és munkatársai pulykamell mintákat kezelték 65 – 75 °C-on 20 – 60 percig. A főzési veszteség, a pH, az állomány keménysége nőtt a paraméterek növelésével. A legenyhébben kezelt minta (65 °C, 20 perc) nem felelt meg a mikrobiológiai követelményeknek, mert *Listeria* spp. szennyezettséget mutatott. Érzékszervi szempontból az alacsonyabb hőmérsékleten és rövidebb ideig kezelt minták bizonyultak előnyösebbnek. Javaslatuk szerint az alacsony hőmérsékleten történő hosszabb főzési idő eredményezne minőségi és biztonságos terméket (Bıyıklı, és mtsai., 2020).

Dong-Min Shin és munkatársai kacsamell mintákat hőkezelték 50 – 80 °C hőmérsékleten 60 – 180 percig. A főzési veszteség, az állomány keményedése, a világossági-, és a sárga színtényező a kezelési paraméterek növelésével arányosan változott, a vörös színtényező pedig csökkent. Mikrobiológiai vizsgálati eredményeik *Escherichia coli* és Coliform jelenlétét mutatták az 50 °C-on kezelt mintánál. A legjobb érzékszervi tulajdonságokkal rendelkező minta, amelyik mikrobiológiai szempontból is megfelelő volt, a 60 °C-on 1 óráig kezelt hús volt (Shin, és mtsai., 2023).

3.2.3 Nagy Hidrosztatikus Nyomáskezelés (HHP)

A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés (High Hydrostatic Pressure-HHP) egy olyan nem termikus fizikai tartósító eljárás, ahol a szilárd vagy folyékony élelmiszert 100 – 800 MPa hidrosztatikus nyomásnak teszik ki. Az alkalmazott nyomás, idő és hőmérséklet paraméter terméktípusonként eltérő. A kezelés méretezésének célja, hogy a maximális kihozatal és alacsony költségek mellett megfelelő minőségű termék keletkezzen (Aganovic, és mtsai., 2021). A kezelést leginkább tartósításra használja az élelmiszeripar. Célja a mikroorganizmusok és enzimek inaktiválása anélkül, hogy a termék aromaanyagai és táplálkozási értéke romlana. Egyéb alkalmazási területe is ismeretes a nagynyomású kezelésnek, mint például az

állományjavítás vagy az íz-, és aromaanyagok feltárása (Kaushal, és mtsai., 2020). Az élelmiszer előre lecsomagolt formában kerül a berendezésbe így a kereszt- és utószennyeződés megelőzhető. A csomagolóanyaggal szemben támasztott követelmény, hogy flexibilis, jól záródó, kellően szilárd és átlátszó legyen. Ezeknek az elvárásoknak a műanyag polimerek csoportja felel meg (Balasubramaniam, és mtsai., 2016). A folyadékba merülő testre a Pascal-elv alapján nyomás minden irányban egyenletesen (izosztatikus) hat, így a kezelés nem függ az élelmiszer méretétől és alakjától. További előnye, hogy nem szükséges energiát felhasználni a berendezés és a termékek felmelegítésére, majd pedig a lehűtésére, emiatt környezetbarát technológiának számít. A nyomásközvetítő folyadék víz és valamilyen korróziógátló anyag keveréke. A kezelés hatékonysága elsősorban az alkalmazott nyomástól és az időtartamtól függ, de hatással van még a kezelés hőmérséklete, a nyomásnövekedés és csökkenés sebessége, a termék hőmérséklete, pH-ja, összetétele és vízaktivitása is. A berendezés fő részei a nagynyomású kamra záró rendszerrel, a nyomást biztosító hidraulika rendszer, a hőmérséklet szabályozó és a termék előkészítő rendszer (Konz, és mtsai., 2006). Az alábbiakban egy horizontális kivitelű HHP berendezés sematikus ábrája látható.



3. ábra

HHP berendezés sematikus ábrája (Kaushal és mtsai., 2020)

A legtöbb élelmiszer alkalmas a kezelésre, ha víztartalma megfelelő, és szerkezete légüregtől mentes. Leginkább húsokat, gyümölcs- és zöldségkészítményeket és italokat kezelnek ezzel a technológiával (Huang, és mtsai., 2017)

A technológiát Bert Hite alkalmazta először élelmiszeren az USA-ban 1899-ben. Kísérletében azt figyelte meg, hogy a 650 MPa-on, 10 percig kezelt tej eltarthatósági ideje

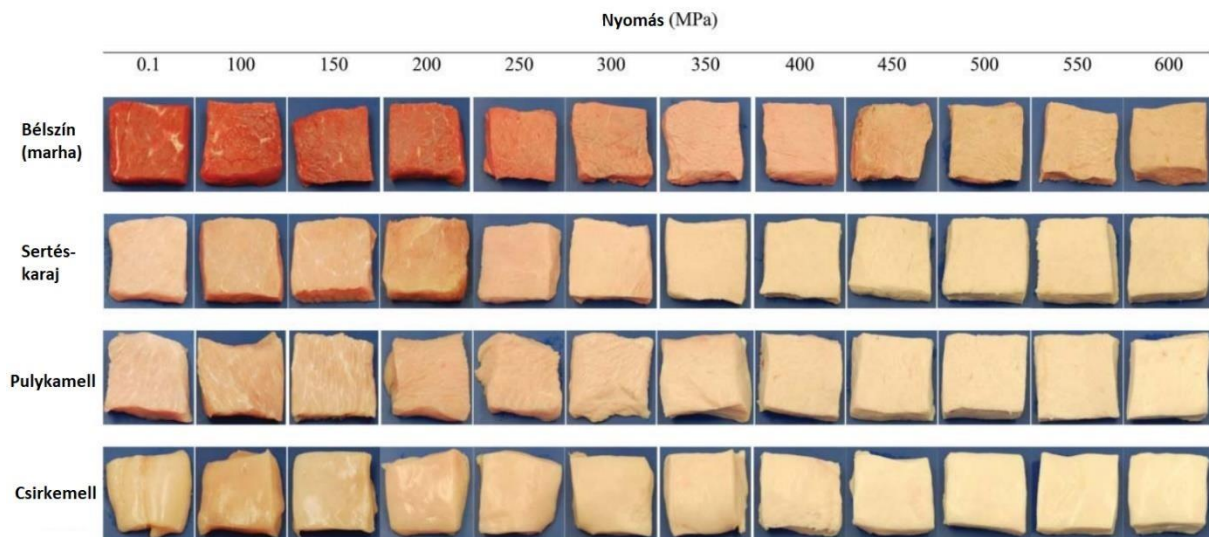
megnövekedett. 1980-ban Japánban jelentek meg az első HP kezelt termékek, ezek joghurtok és lekvárok voltak. Jelenleg is Japán tekinthető élenjárónak a technológia alkalmazásában, de más országokban is fellelhető nyomáskezelt élelmiszer a kereskedelmi forgalomban. Leginkább gyümölcstartalmú termékeket kezelnek ezzel a módszerrel, mert azok alacsony pHja gátat szab a mikrobák szaporodásának (Konz, és mtsai., 2006). Léteznek ugyanakkor nyomáskezelt hústermékek is mint: szeletelt sonka, szárnyas felvágottak, szalámi, sült csirke, csirkecsíkok, prosciutto sonka stb.... Ilyen termékeket Japánban, Spanyolországban, az Egyesült Államokban és Olaszországban lehet vásárolni (Sun és Holley, 2009).

3.2.4 A Nagy Hidrosztatikus Nyomáskezelés hústra gyakorolt hatása

A hagyományos hőkezeléssel szemben a nagynyomású kezelés hőmérsékleti tartománya 5 – 30 °C között mozog, így nem képződnek új aromakomponensek, mint pl. a maillard reakció vagy karamellizáció esetén. A nyomás 2000 MPa alatt a kovalens kötésekre nincs hatással, a hidrogénkötésekre, ionos kötésekre, és hidrofób kötésekre viszont igen. Ezek alakítják a hús fiziko-kémiai és mikrobiológiai tulajdonságainak változását. A nyomás megváltoztatja a húsfehérjék állapotát, denaturáció, aggregáció, koaguláció és gélesedés figyelhető meg. 1200 MPa nyomás alatt a fehérjék elsődleges (aminosav szekvencia) és másodlagos szerkezete (hidrogénkötések által kialakított struktúra) nem módosul, a harmadlagos (másodlagos kötések alakította térszerkezet) és negyedleges szerkezet (fehérje egységek összekapcsolódása) viszont irreverzibilis változást szenved. A harmadlagos és negyedleges szerkezeteket gyengébb hidrofób-, és ionos kötések alakítják, melyek alacsonyabb nyomáson is felbomlanak. A változás mértéke kezelésfüggő, de 300 MPa felett már bekövetkeznek (Buckow, és mtsai., 2013). A fehérjék változása megváltoztatja az állományt, melynek mértéke a kezelési paraméterektől függ. A kezelésen átesett hús érési stádiuma is erősen befolyásol, a prerigor állapotú hús kezelése esetében puhulás tapasztalható, post rigor állapotnál pedig csak hőkezeléssel együtt érhető el puhító hatás (Sun és Holley, 2009).

A HHP kezelés hatására a hús színe is módosul, melynek mértéke a hús fizikai és kémiai állapotának változásától függ. A mioglobin denaturációja és oxidációja nagy mértékben hozzájárul a színváltozáshoz. A vörös húsoknál, melyekben a mioglobin tartalom magasabb, nagyobb színváltozást tapasztalhatunk a fehér húsokhoz képest. A kezelés hatására a miofibrilláris fehérjék aggregálódnak, mely megváltoztatja a felületi fényvisszaverődést és

ezáltal világosodik a hús színe. Az alábbi ábrán különböző vörös és fehér húsok nyomáskezelés utáni színváltozása látható. A kezeléseket 0,1 – 600 MPa nyomáson végezték 5 percig szobahőmérsékleten (Bak, és mtsai., 2017). Jól megfigyelhető, hogy a nyomásértékek növelésével a húsok világosodtak, vörös színezetük csökkent (4. ábra).



4. ábra

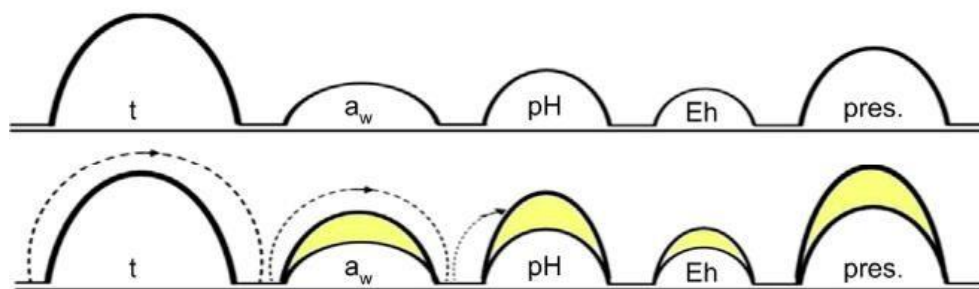
Különböző vörös és fehér húsok színváltozása 0,1–600 MPa-on végzett (5 perc, 20 °C) nagy hidrosztatikus nyomáskezelés hatására (Bak, és mtsai., 2017)

A mikroorganizmusok gátló vagy pusztító hatása mögött a nem-kovalens kötések felszakadása áll, a sejtmembrán sérülése, permeabilitásának károsodása. A vegetatív sejtek 300 MPa környékén elvesztik életképességüket, míg a spórák inaktiválásához 600 MPa mellett hőkezelésre is szükség van. A pasztörözéssel egyenértékű eredmény eléréséhez 400 – 600 MPa nyomáshoz van szükség szobahőmérsékleten. A sterilizéssel egyenértékű kezelést a nyomás növelésével hőkezeléssel kiegészítve lehet elérni, tehát 500 – 600 MPa és 90 – 120°C szükséges (Aganovic és mtsai., 2021).

3.2.5 Kombinált módszerek és gátelmélet

Az élelmiszerek mikrobiológiai biztonságát és stabilitását, továbbá az érzékszervi és beltartalmi minőségét a különböző tartósító eljárások kombinációja biztosítja. A tartósító eljárások gátként funkcionálnak a mikrobák szaporodásánál. Ezen gátak célzott és következetes alkalmazását és kombinálását hívjuk gáttechnológiának. Az élelmiszerek tartósításánál együttesen ható tényezőket Lothar Leistner foglalta össze először az 1970-es években. A gátelmélet lényege, hogy a különböző tartósítási eljárások kombinált

alkalmazásánál a gátló hatások egymást felerősítik, így azok kisebb mértékben is hatásosak (5. ábra). Egyetlen gát is képes lehet visszafogni a mikrobák szaporodását, de az olyan durva elváltozásokat eredményezne a készítmény állományában vagy a termék ízében, hogy az élvezhetetlen lenne (Balázs, 2009). Például a túl drasztikus hűtés fagyási sérülést okozhat a növények felszínén, vagy egy fermentált húskészítmény szükséges pH csökkentése rontana annak ízén (Leistner, 2000). A gáttechnológia lehetőséget ad a kíméletes tartósításra, ami végső soron magasabb minőségű terméket eredményez. Stabil és biztonságos élelmiszer előállításához legalább 3 gátelelem alkalmazása szükséges. Az eljárás lehet fizikai, kémiai vagy biológiai, melyek közül néhány: hőelvonás (t), hőközlés (F), vízaktivitás (a_w) csökkentés, savanyítás (pH), csökkentett oxigén jelenlét (Eh), kémiai tartósítószer (k), versengő mikroflóra (rf) és a sugárkezelés (r). A felsoroltakon kívül még legalább hatvan gátat jegyeznek, de a lista korántsem teljes. A megfelelő gátak kiválasztásához célszerű megismerni az eliminálni kívánt mikroorganizmusok életműködését, homeosztázisát, anyagcseréjét, stressz reakcióit. Az ismeretek birtokában célzottan lehet mikroorganizmusokat támadni (Mukhopadhyay és Gorris, 2014).



5. ábra

Mikrobaszaporodás a kombinált tartósító eljárások mellett: hőkezelés (t), vízaktivitás (a_w), pH, redoxpotenciál és nyomás. Sárgával: az ideális esetben jelentkező szinergens hatás (Mukhopadhyay és Gorris, 2014)

A sous-vide és a nyomáskezelés is olyan tartósító eljárások, melyek önmagukban is legalább 3 gátelemet tartalmaznak. Gátként szolgál az anaerob körülményeket létrehozó vákuum csomagolás, a nyomás-, illetve hőkezelés, és az ezt követő hűtve tárolás. Kombináltan alkalmazva a kezeléseket újabb gát építhető a technológiai sorba.

Khan és munkatársai kacsamell nyomáskezelését végezték 200 MPa-on, 15 percig szobahőmérsékleten. A kezelést elvégezték önmagában, illetve hőkezelést megelőzően és azt követően is. A hőkezelés 15 perces hagyományos főzést (95 – 99 °C) jelentett lezárt tasakban. Érdekes megállapításuk, hogy a nyomáskezelés kombinálása a hőkezeléssel puhább húst

eredményezett. A legkedvezőbb állományt a hőkezelést követő nyomáskezeléssel érték el. Eredményeikben a főzési veszteség is csökkent a nyomáskezelés hatására a hagyományosan főtt húshoz képest. A tömegveszteség szempontjából is az előbb említett kombináció bizonyult a legjobbnak.

Ma és Leward sertéskaraj kombinált hő és nyomáskezelését végezték 200 – 800 MPa nyomáson és 20 – 70 °C hőmérsékleten. Az egyszeres kezelések hatására a hús állománya mindkét esetben keményedett. A legpuhább állományt 200 MPa nyomás-, és 60 – 70 °C hőkezeléssel érték el. A kollagén a nyomást hatására nem módosult, a hőkezelés hatására viszont denaturálódott. Véleményük szerint a puhulás fő oka szerkezeti változások mellett a körülmények hatására felgyorsult proteolízis. A proteolitikus enzimek aktivitása nyomás alatt 50 – 60 °C-on megnő, és bontja a miofibrilláris fehérjéket (Ma és Ledward, 2004).

Kenesei sertéskaraj kombinált és egyszeres nyomás-, és hőkezelését végezte. Eredményei alapján a 60 °C-on végzett egy órás sous-vide, és a 300 – 600 MPa nyomáskezelés nem eredményezett mikrobiológiai szempontból elfogadható terméket 21 napos 8 °C-on történő tárolás után. A kezelések kombinálásával viszont élelmiszerbiztonsági szempontból megfelelő termék született. A hőkezeléssel egybekötött 300 MPa-on végzett nyomáskezelés nem okozott minőségbeli romlást az egyszeres SV kezeléshez képest. A magasabb nyomásérték (600 MPa) azonban erőteljesebben befolyásolta az érzékszervi tulajdonságokat szín, a tömegveszteség és az állomány tekintetében, a mikrobiológiai stabilitás viszont nőtt (Kenesei, 2018).

4 ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1 A vizsgálatok alapanyaga és előkészítése

A méréseimet kacsamell mintákon végeztem, melyet a Rozmár Kft-től szereztem be (6. ábra). A hússzövet láthatóan meglehetősen inhomogén. A kötőszöveti részek (inak, hárttyák) aránya sok, illetve fagyási sérülések is fellelhetők itt-ott. Igyekeztem ezeket késsel eltávolítani, majd a bőrével együtt félbevágtam a húsokat és lemértem a tömegüket. Az így kapott minták átlagos tömege $96,65 \pm 7,68$ g volt. A csomagolást felcímkéztem a kezelések követhetősége és a minták beazonosíthatósága érdekében. A csomagolóanyag 90 μ m vastagságú poliamid-polietilén laminált fólia volt, melyet Multivac C100 vákuumcsomagoló berendezés segítségével légmentesen lezártam.



6. ábra

Nyers kacsamell minák darabolás előtt (saját felvétel)

4.2 Az alkalmazott kezelések

A húsokat hő és nyomáskezelésnek vetettem alá. Mindkét kezelésnél kétféle beállítást alkalmaztam, a hőkezelésnél 55 és 60 °C-t, a nyomáskezelésnél 300 és 600 Mpa-t. Ezeket egyszeresen és minden lehetséges kombinációban is végrehajtottam. A kezelések átláthatóságát az alábbi táblázat segíti (1. táblázat).

1. táblázat Munkám során alkalmazott kezelések

Kezelések											
Egyszeres				Kombinált							
hő (°C)		nyomás (MPa)		hő (°C) + nyomás (MPa)				nyomás (MPa) + hő (°C)			
55	60	300	600	55 +	55 +	60 +	60 +	300 +	300 +	600 +	600 +
				300	600	300	600	55	60	55	60

4.2.1 Sous-vide kezelés

A hőkezelést LP507/1-es Labor Műszeripari Művek által gyártott 25 literes vízfürdős termosztátban végeztem el, 55 és 60 °C-on. A hőmérsékleteket Testo 926 digitális hőmérővel ellenőriztem. A hőtartás minden esetben 30 percig tartott. A gyors lehűtés érdekében a mintákat a kezeléseket követően jeges vízfürdőbe tettem, majd 4 °C-on tároltam a további vizsgálatok elvégzéséig.

4.2.2 Nagy Hidrosztatikus Nyomáskezelés

A nagy hidrosztatikus nyomáskezelést holland gyártmányú RESATO FPU-100-2000 berendezéssel végeztem 300 és 600 MPa nyomáson. Minden esetben 5 percig tartott a kezelés, amibe nem számít bele a nyomásemelés és -elengedés ideje. A nyomásnövekedés sebessége 100 MPa / perc volt. A nyomást közvetítő közeget a gyártó által előírt Resato PG fluid nevű glikol-olaj keverék adta. A kezelés szobahőn zajlott, az adiabatikus hőmérséklet emelkedést is figyelembe véve a minták hőmérséklete 30 °C alatt maradt.



7. ábra

Resato FPU 100-2000 HHP berendezés
a nyomásfokozó egységgel és a kezelőkamrával



8. ábra
Minták a kezelés után (saját felvétel)

4.3 Alkalmazott vizsgálati módszerek

A vizsgálatokra a kezeléseket követő napon került sor. Mivel a vizsgálni kívánt paraméterek egy része hőmérséklet függő (tömeg, pH, állomány), megvártam, még a hűtőből kivett minták szobahőmérsékletre melegednek. Ezt egy Testo 926 típusú digitális hőmérővel ellenőriztem. Amikor a húsok hőmérséklete állandósult, ami 20 – 21 °C tartományt jelentett, elkezdtem a méréseket végrehajtani.

4.3.1 Tömegvesztesség meghatározása

A húsokat lemértem KERN PLJ 3500-2NM mérleggel a kezeléseik előtt, majd azok után is. Az eredmények különbsége a tömegvesztesség, ezt az eredeti tömeg %-ban adtam meg.

4.3.2 pH-érték meghatározása

A minták pH-ját Testo 206 típusú készülékkel mértem. Minden mintánál 2 párhuzamos mérést végeztem. Az üvegelektrod egy finom üvegből kialakított érzékeny műszer. Az üvegfal egy félig áteresztő hártya, az elektród testében elektrolit van. Mérés során az elektródhoz érő hús is elektrolitnak felel meg, és az üvegfalon át a két elektrolit között feszültség keletkezik.

Ez a feszültség a hús pH-értékének a függvénye (Balázs, 2009). A pH nem más, mint az oldatban lévő hidrogénion-koncentráció tízes alapú negatív logaritmusa. A pH értéke hatványkitevőre utal, a hidrogénion-koncentráció tízszeres változása 1 pH egységnek felel meg. Mivel a pH oldatok esetében értelmezhető, értéke a hússzövetben lévő húslére vonatkozik (MATE).

4.3.3 Az állományváltozás mérése

Az állománymérést egy SMS TA.XT. Plus (Stable Micro Systems Ltd. Godalming, Surrey, UK) típusú, 50 kg-os erőmérő cellával felszerelt berendezéssel hajtottam végre (9. ábra). A műszer különböző mérőfejekkel működtethető. Jelen esetben a keménység meghatározásához a P2/N típusjelű, 2 mm átmérőjű tű mérőfejet alkalmaztam. A tű merőlegesen szúrt a kacsamellbe. A műszer beállítási paramétereit a következők:

- mérőfej sebessége: 2 mm/s
- „trigger force” (erő, ahol az adatrögzítés indul): 0,049 N
- penetrációs mélység: 40 mm



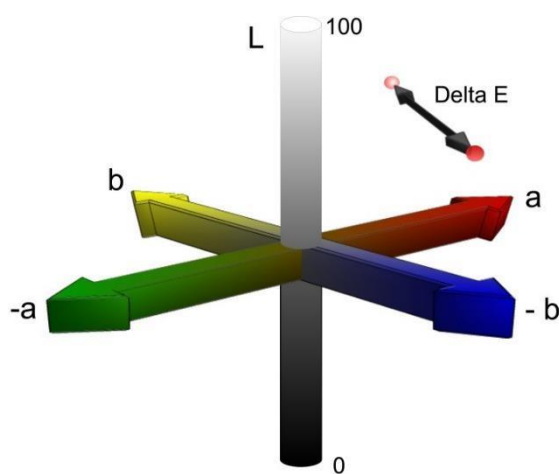
9. ábra
SMS TA.XT. Plus állománymérő

Minden mintát 3x mértem le. Az adatelemzéshez és a keménységi tulajdonságok becsléséhez a maximális erőhatás értékét, és a kifejtett összmunkát vettem alapul, melyeket a berendezéshez tartozó szoftver szolgáltatott.

4.3.4 Színmérés

A színmérést Konica Minolta CR400 (Konica Minolta Inc., Japán) kézi tristimulusos koloriméterrel végeztem. A kalibrációt fehér standard táblán végeztem, ezt követően minden mintán 3 párhuzamos mérést hajtottam végre a külső és a frissen vágott felszínen. A készülék az objektumról visszaverődött meghatározott hullámhosszúságú fények (vörös: 700 nm, zöld: 546,1 nm, kék: 435,8 nm) intenzitását méri, melyek keverékéből bármilyen szín előállítható (10. ábra). Ezek Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság (CIE) által 1931-ben elfogadott alapszíninger- összetevők. A mérhető paraméterek a következők: L^* (világossági tényező, 0100), $+a^*$ (vörös színezet), $-a^*$ (zöld színezet), $+b^*$ (sárga színezet), $-b^*$ (kék színezet) (Friedrich, 2006).

A két színpont közötti távolság a színínger különbség (ΔE^*), ami kiszámolható a következő képlet $\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$ segítségével: Az emberi szem számára érzékelhető színekülönbség és a ΔE^* között számszerűsített összefüggés van. Ha ΔE^* 0 – 0,5: nem észrevehető, 0,5 – 1,5: alig észrevehető, 1,5 – 3,0: észrevehető, 3,0 – 6,0: jól látható, 6,0 – 12,0: nagy a szemmel érzékelhető különbség (Lukács, 1982).

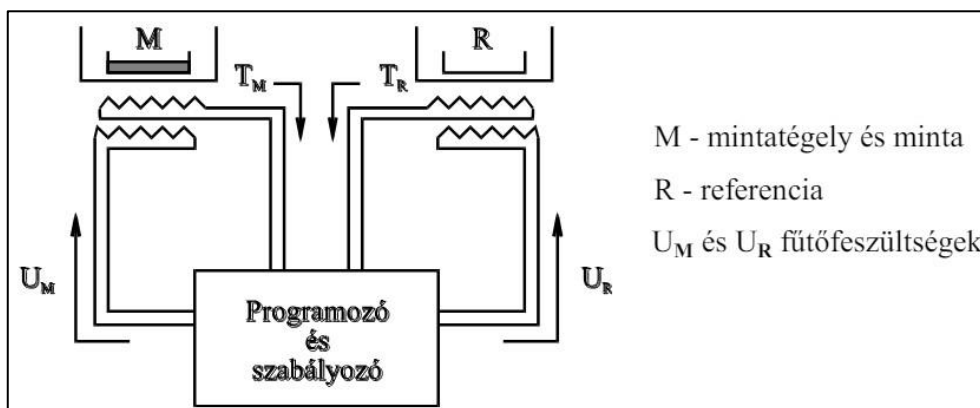


10. ábra
CIE Lab színínger tér (justpaint.org)

4.3.5 DSC termoanalitikai vizsgálat

A húsfehérjék denaturációs állapotának vizsgálatához Setaram micro DSC III típusú differential scanning calorimeter állt rendelkezésre. A kezeléseket követően a mintákat késsel felaprítottam és légmentesen lezárva fagyasztva tároltam a DSC mérés elvégzéséig. A rozsdamentes acélból készült mintatartó aljába tömörítettem az aprított húst úgy, hogy ne

maradjon légzárvány a darabok között. A referencia anyag desztillált víz volt, melynek könnyű hozzáférhetősége és olcsósága mellett termodinamikai tulajdonságai jól ismertek. A bemért víz tömege 0,754 g volt, tehát a húsmintákból is pontosan ennyit mértem be KERN ABJ 2204M analitikai mérlegen. A hőprogram szkennelési hőmérséklet tartománya 20 – 95 °C volt, a felfűtési sebesség 1 °C/perc. A felfűtést megelőzte egy 5 perces hőtartás 20 °C hőmérsékleten, hogy a minta és a referencia anyag kezdeti hőmérséklete megegyezzen. A mérés egész ideje alatt a minta és a referencia anyag hőmérséklete azonos. Amennyiben a minta hőmérsékletnövekedése elmarad a referenciához képest, úgy endoterm reakció történik az anyagban. Endoterm, azaz hőfelvétellel járó reakciók például az olvadás, oldódás vagy fehérje denaturáció. Jelen esetben ez utóbbit vizsgáljuk, arra szeretnénk választ kapni, hogy a kezelések mennyire befolyásolták a fehérjék állapotát. A programozó és szabályozó rendszer annyi elektromos energiát közöl a mintával, hogy a két cella hőmérséklete megegyezzen (11. ábra). Exoterm reakciónál (pl.: fagyás, kristályosodás) a minta hőt ad le, így a referenciaanyag melegítése szükséges. Ezt a kompenzációs hőfluxust mérjük a programozott hőmérséklet és idő függvényében (Farkas, 1994).



11. ábra

DSC készülék sematikus vázlata (BME jegyzet, 1999)

A DSC mérések eredményei kiértékelhetők a felvett hőáram görbékből meghatározott denaturációs entalpia érték alapján, valamint informatív lehet a görbe alakja és az egyes csúcsok elhelyezkedése. A csúcsok az adott hőmérséklethez tartozó egyes fehérjecsoportok szerkezetváltozását, denaturációját jelzi. Kacsamell esetében is három endoterm csúcs különíthető el. 55 ± 5 °C között a miozin, 65 ± 5 °C szarkoplazma-, és kötőszöveti fehérjék, 75 ± 5 °C közötti tartományban pedig az aktin denaturálódik (Khan, és mtsai., 2014).

4.4 Alkalmazott statisztikai programok, módszerek

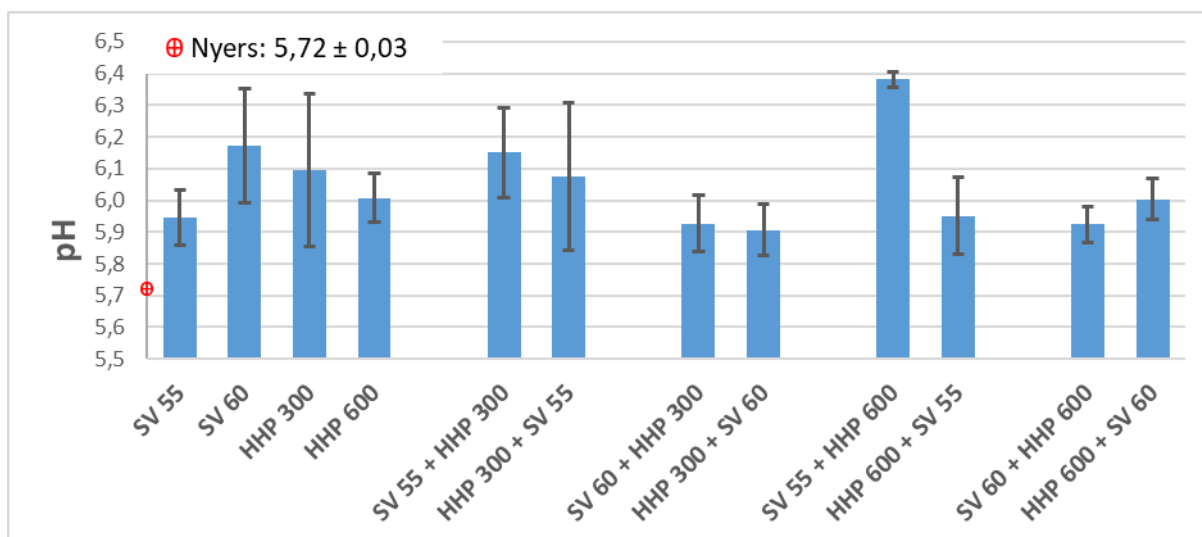
Az eredmények rendszerezéséhez, diagramokon való ábrázolásához, továbbá átlag és szórás számításához a Microsoft Excel programot használtam. Az eredmények statisztikai áttekintéséhez diszkriminancia-analízist (CDA) végeztem, mely a mért tulajdonságok komplex kiértékelését tette lehetővé. Ehhez az IBM SPSS 20-as szoftvert alkalmaztam.

A kanonikus diszkriminancia analízis egy olyan felügyelt statisztikai módszer, mely egyszerre több változó figyelembevételével csoportosítja az adathalmaz elemeit. A technika hatékonyan emeli ki a hasonlóságokat és különbségeket az egyes csoportok között. A csoportok közötti varianciát maximálja, a csoporton belülit minimalizálja, így a csoportok jobban elkülöníthetők egymástól. A változókat, melyek figyelembevételével a csoportosítás történik, az algoritmus választja. A szétválasztás jósága megmutatja, hogy az elemek hányad részét sikerült helyesen besorolni. A modell megbízhatósága keresztvalidációval ellenőrizhető (Dalmadi, és mtsai., 2007).

5 EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

5.1 A pH érték alakulása

A szakirodalmak azt mutatják, hogy mind a hő-, mind a nyomáskezelés emeli a hús pH-ját, a hatás azonban nem additív. Az emelkedés hátterében a húsfehérjék denaturációja, a konformációs változások miatt bekövetkező savas csoportok csökkenése áll (Hwang, és mtsai., 2019) (Ma és Ledward, 2004). A normál hús pH-ja 5,5 – 5,8, mely megfelel a nyers mintánál mért értéknek ($5,72 \pm 0,03$). A kezelés hatására várt pH emelkedés jól látható (12. ábra A kacsamell pH értékeinek alakulása a különböző egyszeres és kombinált kezelések függvényében). A nyers és a kezelt húsok pH értéke közötti különbség 0,2 – 0,6 tartományban mozgott, ami a pH tekintetében rendkívül magas. Más, azonos körülmények között végzett kezelések hatására a pH növekedés nem haladta meg a 0,2 értéket (Ma és Ledward, 2004) (Kenesei, 2018). Az általam mért kiugróan magas pH értékek feltételezhetően nem a kezelések következtében ugrottak meg, hanem a vizsgált húsminták inhomogenitásából adódnak. A feltételezést alátámasztja az eredmények szembetűnően nagy szórása.

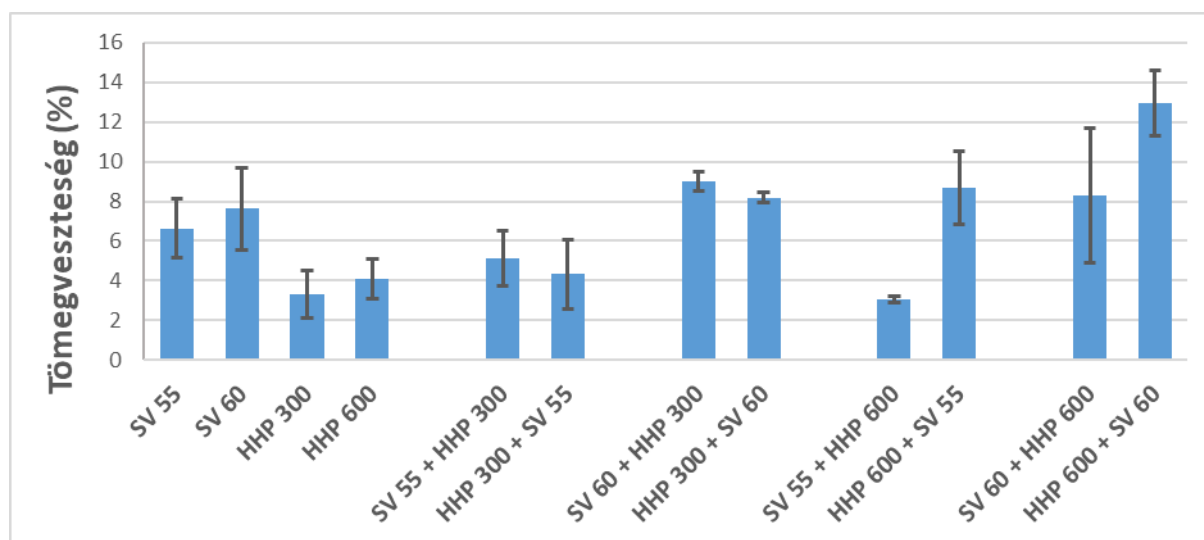


12. ábra

A kacsamell pH értékeinek alakulása a különböző egyszeres és kombinált kezelések függvényében

5.2 Tömegveszteség értékek alakulása

A feldolgozás során végbemenő léveszteség a hús érzékszervi minőségét negatívan befolyásolja. A csomagolásban felgyülemlett húslé nem esztétikus látvány, továbbá magasabb élvezeti értéket nyújt a fogyasztónak ha a hús lédús marad. A gyártó szempontjából is előnyös az alacsony főzési veszteség, mert gazdasági érdek az eladható termékmennyiség maximalizálása. Az egyszeres kezelések mérési eredményeiből az látszik, hogy a hőkezelés a nyomáskezeléshez viszonyítva magasabb tömegveszteséget eredményezett (13. ábra). A 60 °C-os sous-vide kezelés utáni átlagos tömegveszteség 8 %. Dong és munkatársai ennél a hőmérsékletnél 13,6 %-ot mértek, a kezelés időtartama ott viszont a duplája volt, azaz 60 perc (Shin, és mtsai., 2023). A hőmérséklet 55 °C-ról 60°C-ra emelése 1 %-os tömegveszteséget okozott, a nyomásérték megduplázása ennél kevesebbet. A mért eredmények alapján a kezelések sorrendjének hatásáról nem lehet egyértelmű megállapítást tenni. Az 55 °C-os hőkezeléssel kombinált 300 MPa-os nyomáskezelés a főzési veszteséget láthatóan visszaszorította. A kombinált kezelések nem növelték nagy mértékben a tömegveszteséget az egyszeres SV 60 kezeléshez képest. Kivételt képez a magasabb nyomás-, és hőmérséklet paraméterekkel végzett kombinált kezelés, ott figyelhető meg a legnagyobb léveszteség. A SV 55 + HHP 600 minta eredménye szembetűnően alacsony meglepően kis szórással. Ez a minta a pH tekintetében is kiugró volt, magasabb volt a többinél. A pH a víztartó képességgel egyenesen arányos. Lehetséges, hogy a minták emelkedett pH-ja okozta ezt az alacsony tömegveszteséget.



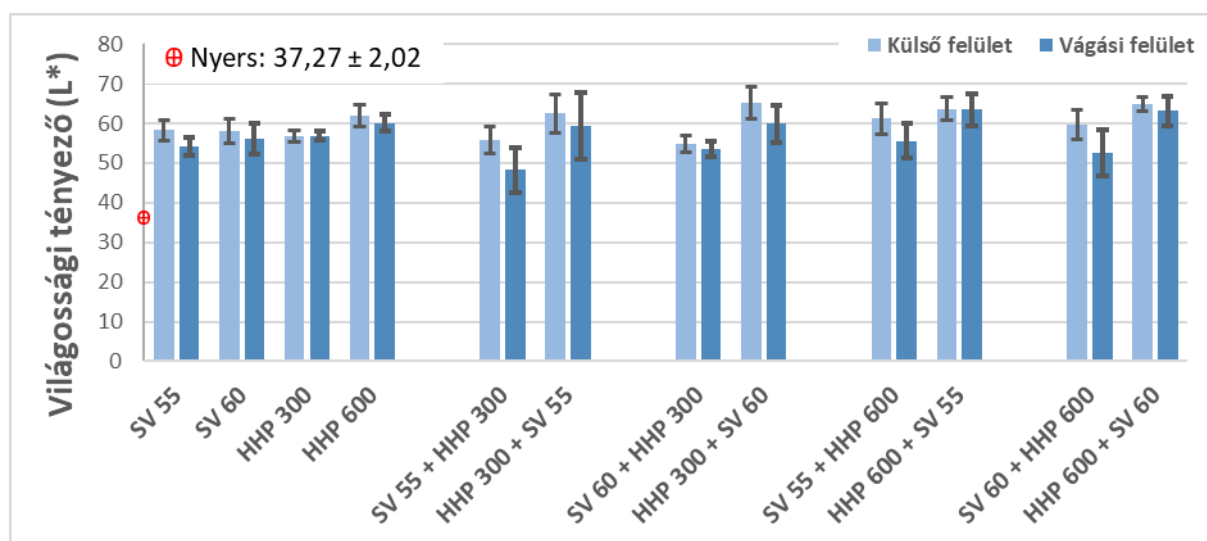
13. ábra

A kacsamell tömegveszteség értékeinek alakulása a különböző egyszeres és kombinált kezelések függvényében

5.3 Színmérés eredményei

Fogyasztói szempontból a „friss” megjelenésű hús az előnyös. A „főtt” szín kialakulása, mely a hús kivilágosodásával, sárgás-barnás elszíneződésével jár, előnytelen érzékszervi változás. A hús színe azért kiemelt jelentőségű, mert a fogyasztó vásárláskor ezzel az érzékszervi paraméterrel találkozik először. A hús színe meghatározó termék kiválasztásának szempontjából.

A kezelések hatására a húsok színe világosodott (14. ábra). A színváltozás a felszínen minden esetben erőteljesebb, mint a vágási felületen. Ez nem meglepő, hiszen a húsban a hőátadás hővezetéssel valósul meg melynél a hő a felszíntől a hús belsejébe áramlik. A felszín fehérjei így nagyobb arányú változást szenvednek. A hőmérséklet növelése nem befolyásolta a világossági tényezőt, a nyomás növelése viszont kis mértékben igen. Azok a kombinált kezelések, ahol a hőkezelés megelőzte a nyomáskezelést, nem eredményeztek világosabb színt az egyszerűen alkalmazott kezelésekhez képest. Azoknál a kombinációknál, ahol a nyomáskezelés történt először, nagyobb mértékű színváltozás figyelhető meg.

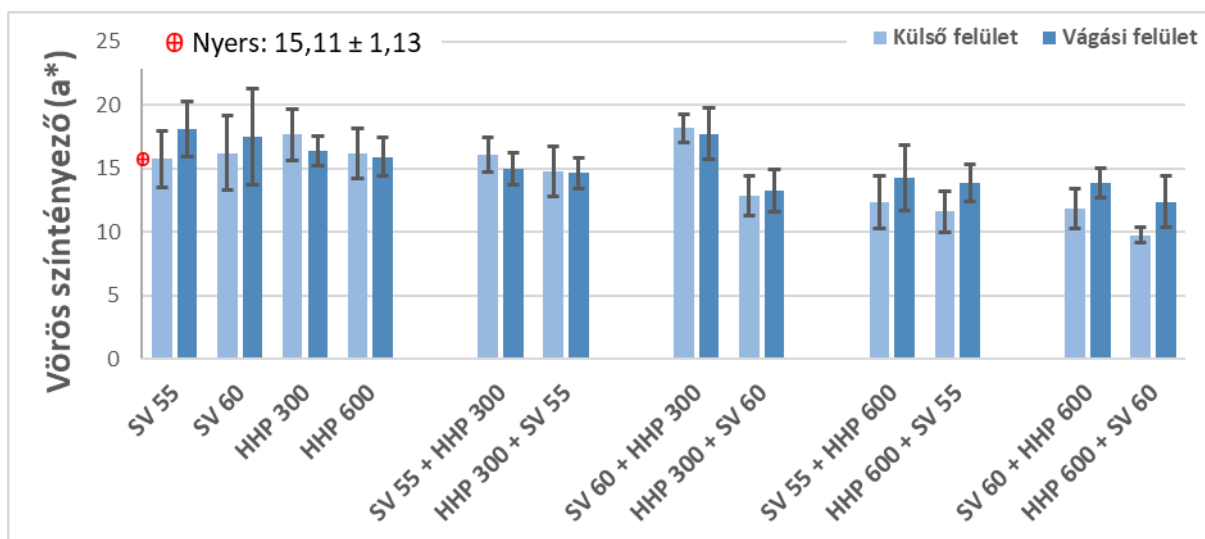


14. ábra

A kacsamell L^* értékeinek alakulása külső és vágási felületen a különböző egyszeres és kombinált kezelések függvényében

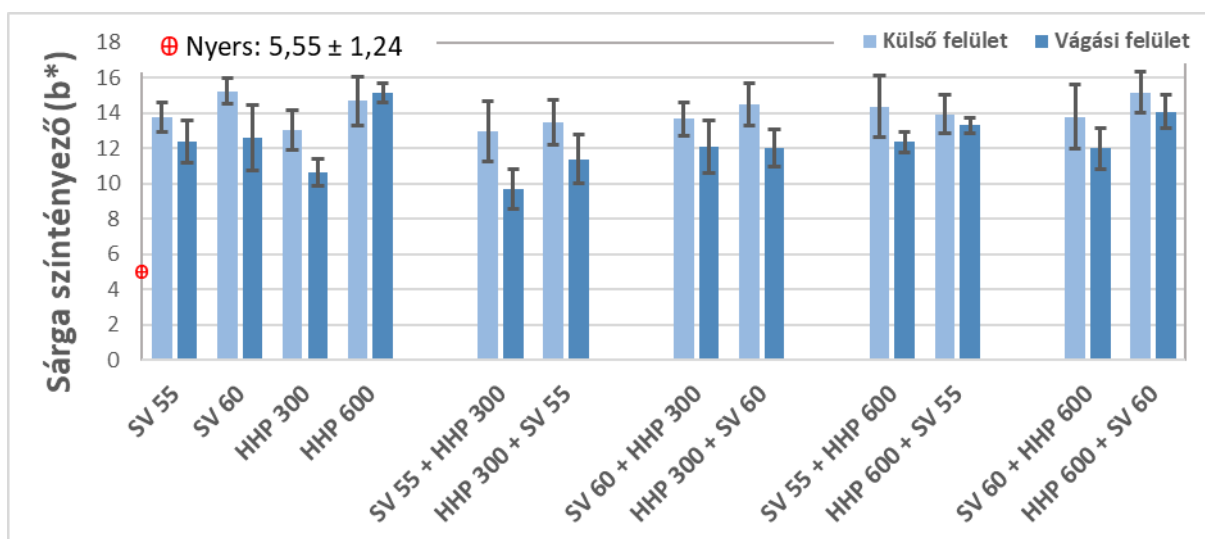
A húsok vörös színét a mioglobin molekula adja. A kacsamell a vörös húsú baromfik közé tartozik, azonban a többi vörös húsú vágóállathoz (bárány, marha) képest színe sokkal világosabb. Mioglobin tartalmát leginkább a seteshúshoz lehet hasonlítani. Az eredmények értékelésénél megjegyezném, hogy a hússzövet színezete nem volt egységes, a darabolás és tisztítás után is inakkal és hártyákkal tarkított maradt. Ez jól látszik a magas szórásértékek

eredményeiben, illetve abban, hogy néhol a hús felszíne vörösebb lett a vágási felületnél (15. ábra). Az egyszeres kezelések alig befolyásolták a vörös színezetet. Néhol a kezelt hús a^* eredményei magasabbak is a nyershez képest, de ez is a termék inhomogenitásából adódó magas szórásnak tudható be. A kombinált kezelések eredményeinél, különösen a magasabb nyomásérték mellett, már nagyobb arányú vörös színezet csökkenés tapasztalható. A hőkezelést követő a nyomáskezelés minden esetben kíméletesebb volt a fordított sorrendű kezelésekhez képest.



15. ábra

A kacsamell a^* értékeinek alakulása külső és vágási felületen a különböző egyszeres és kombinált kezelések függvényében



16. ábra

A kacsamell b^* értékeinek alakulása külső és vágási felületen a különböző egyszeres és kombinált kezelések függvényében

A kezelések hatására a sárga színezet emelkedett a legnagyobb arányban (16. ábra). Az egyszeres kezeléseknél a nyomás-, és hőmérsékletemelések is számítottak, az előbbi erőteljesebb

mértékben. A kombinált kezelések eredményei azonban nem mutattak további növekedést sárga színezet esetében. Az eredmények többségében itt is előnyösebbnek mutatkozik az a kombináció, ahol hőkezelés történik először.

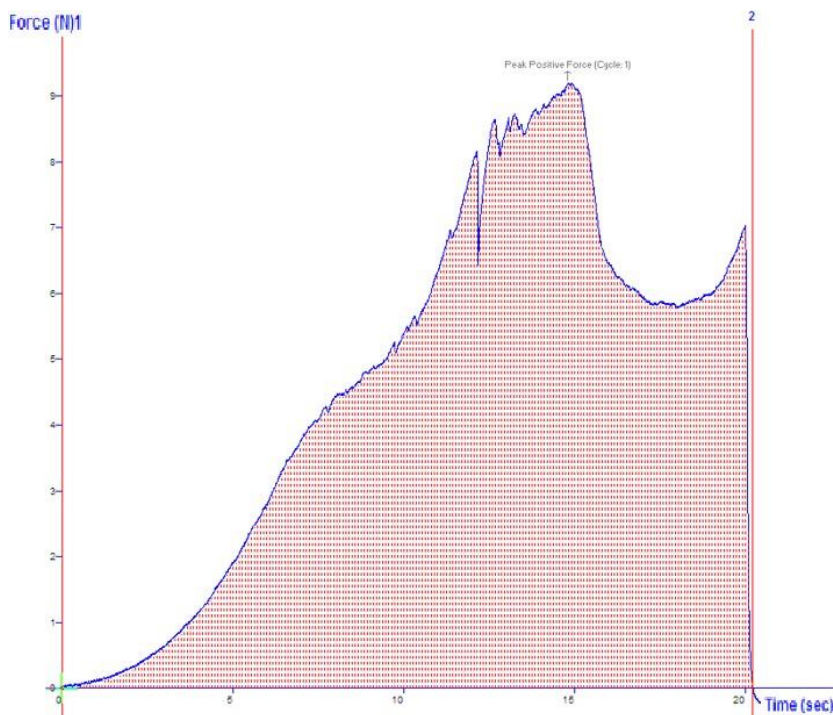
2. táblázat: Számított színíngér-különbségek (ΔE^*) kacsamell mintáknál az egyszeres és a kombinált kezelések, illetve a kezelési sorrend összehasonlításában

Összehasonlított kezelések	Összehasonlítás célja	ΔE^*	Érzékelt különbség
SV 55 és SV 60	Számít-e hogy melyik hőfokon kezelem?	1,60	Észrevehető
HHP 300 és HHP 600	Számít-e hogy melyik nyomáson kezelem?	5,57	Nagy
SV 55 és SV 55 + HHP 300	Kombinált kezelések milyen változást eredményeznek az egyszeres hőkezeléshez képest?	2,67	Észrevehető
SV 55 és HHP 300 + SV 55		4,22	Jól látható
SV 60 és SV 60 + HHP 600		4,92	Jól látható
SV 60 és HHP 600 + SV 60		9,37	Nagy
HHP 300 és SV 55 + HHP 300	Kombinált kezelések milyen változást eredményeznek az egyszeres nyomáskezeléshez képest?	1,87	Észrevehető
HHP 300 és HHP 300 + SV 55		6,42	Nagy
HHP 600 és SV 60 + HHP 600		4,99	Jól látható
HHP 600 és HHP 600 + SV 60		7,17	Nagy
SV 55 + HHP 300 és HHP 300 + SV 55	Számít-e a kezelések sorrendje?	6,82	Nagy
SV 60 + HHP 600 és HHP 600 + SV 60		5,73	Jól látható

Két minta L^* , a^* és b^* értékeinek együttes vizsgálatával meg tudjuk állapítani a kezelések közötti színbeli eltéréseket (ΔE^*), így a kezelések hatása összehasonlítható. Többféle összehasonlítást is végeztem, melyet a 2. táblázat tartalmaz. Az egyszeres kezeléseknél arra voltam kíváncsi, hogy a kezelési paraméterek növelése mennyiben változtatja a hús színét. Az 55 °C-os hőkezelés 5 °C-kal történő emelése nem okozott nagy változást, de észrevehető tartományban van. Ezzel szemben a nyomásérték megduplázása már nagy színbeli változást eredményezett. Ezt a jelenséget más munkák eredményeiben is megfigyelhetjük (Bak, és mtsai., 2017) (Kenesei, 2018). Az egyszeres kezeléseket a kombinált kezelések eredményeivel is összevetettem. Minden esetben látható a színváltozás. Az is megfigyelhető, hogy azoknál a kombinált kezeléseknél, ahol a hőkezelést alkalmaztuk először, kisebb mértékű színváltozás történt az ugyan ilyen paraméterekkel végzett fordított sorrendű kezelés összehasonlításában. A kezelések sorrendjének meghatározó szerepét az utolsó két sorban is látni. Itt az azonos paraméterekkel, de különböző sorrendben végzett kombinált kezelések eredményeit hasonlítottam össze. Az eltérés az enyhébb és az erőteljesebb kezelések esetében is számottevő.

5.4 Állománymérés eredményei

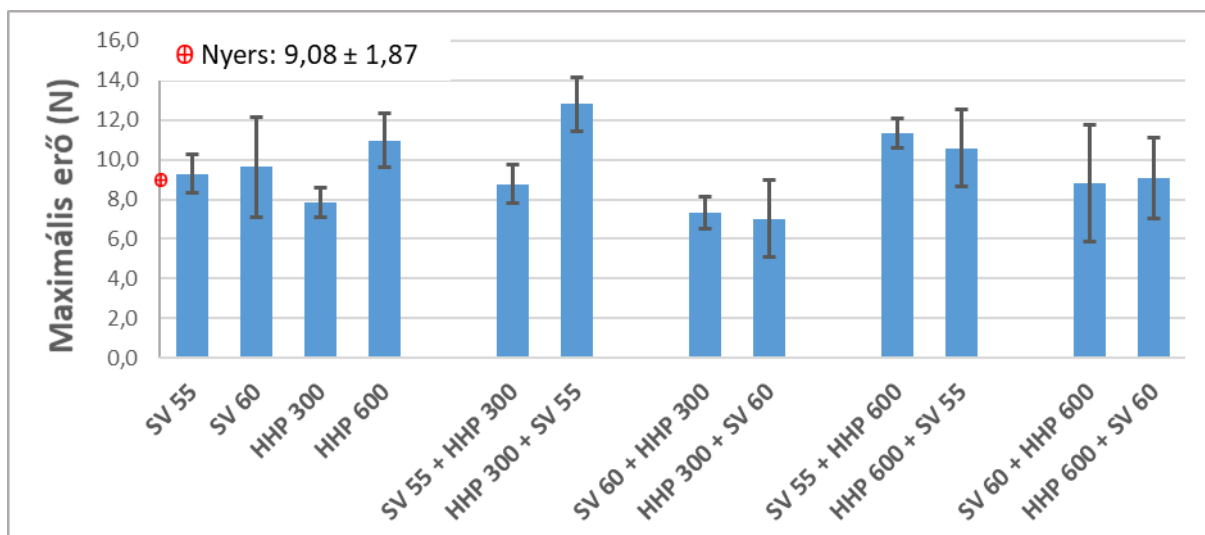
A húsok állományáról a tű mérőfej által kifejtett maximális erő-, és összmunka értékek adnak információt. Az alábbi ábrán egy jellemző behatolási görbe látható az erő (N) és az idő (sec) függvényében (17. ábra). A maximális erőhatás értékét a görbe csúcspontjáról lehet leolvasni, az összmunkát pedig a pirossal jelölt görbe alatti terület jelzi.



17. ábra

Egy jellemző behatolási görbe az erő (N) és az idő (sec) függvényében

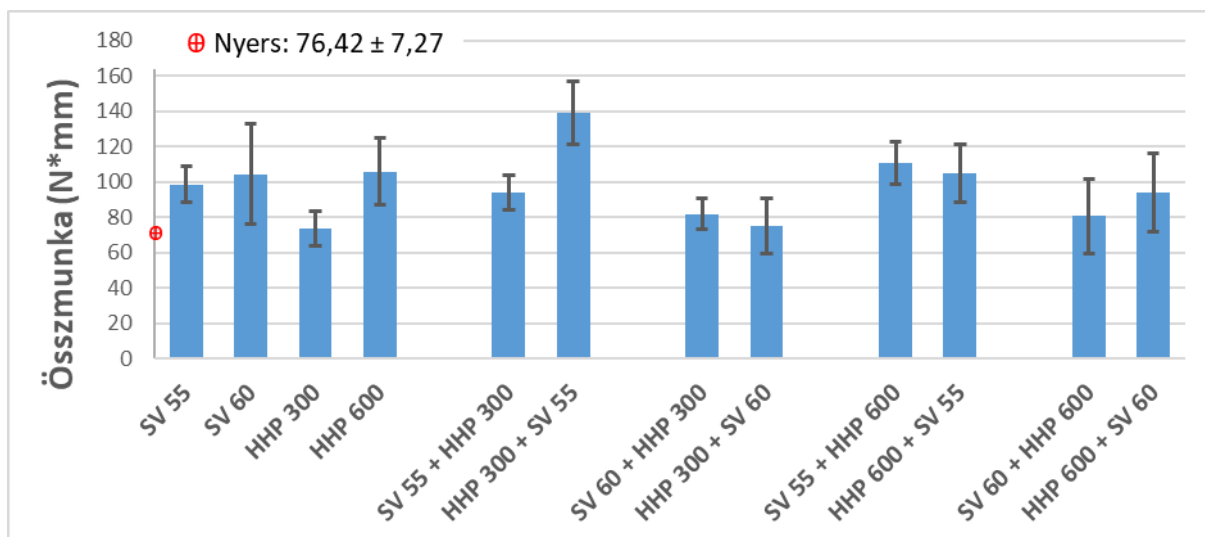
A két mérőszám eredményei hasonlóan alakultak. A várt hatás, miszerint a húsok valamilyen mértékű keményedést szenvednek a kezelések hatására, inkább az összmunka eredményeiből látszik (19. ábra). A kezelések után mért maximális erőértékek több esetben is megegyeznek a nyers húsnál felvett értékkel (18. ábra). Meglepő módon a legerőteljesebb kezelések kombinációja sem mutat értékelhető eltérést a nyershez képest. Láthatóan ebben az esetben is nagy szórással terheltek az eredmények, amit megintcsak a kacsamell inhomogén hússzövete okozhat. Továbbá az is torzíthatja az eredményt, hogy a tű minden esetben átszúrta a húsdarabot, melyek mérete némileg eltért egymástól. A vastagabb hús átszúrásához magasabb maximális erőérték tartozott a vékonyabbhoz képest. Ezen tapasztalatok alapján a 40 mm-es beszúrási mélység soknak bizonyult. A behatolási görbe csökkenő szakasza a hús átszúrása után megfigyelhető. A második növekvő szakasznál pedig a tű foglalta érte el a hús felszínét.



18. ábra

A kacsamell keménység értékeinek (F_{max}) alakulása a különböző egyszeres és kombinált kezelések függvényében

Az összmunka eredményeiből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az 55 °C-on kezelt minta puhább maradt, mint a 60 °C-on kezelt, tehát számít az 5 °C-os hőmérsékletnövelés. A nyomás emelése nagyobb keményítő hatást gyakorolt az állományra, mint a hőmérséklet emelése. Arra vonatkozó egyértelmű megállapításokat, hogy számít-e a kezelés sorrendje, vagy hogy milyen hatással van az állományra a kezelések kombinálása, sajnos ezen eredmények alapján nem tehetünk.

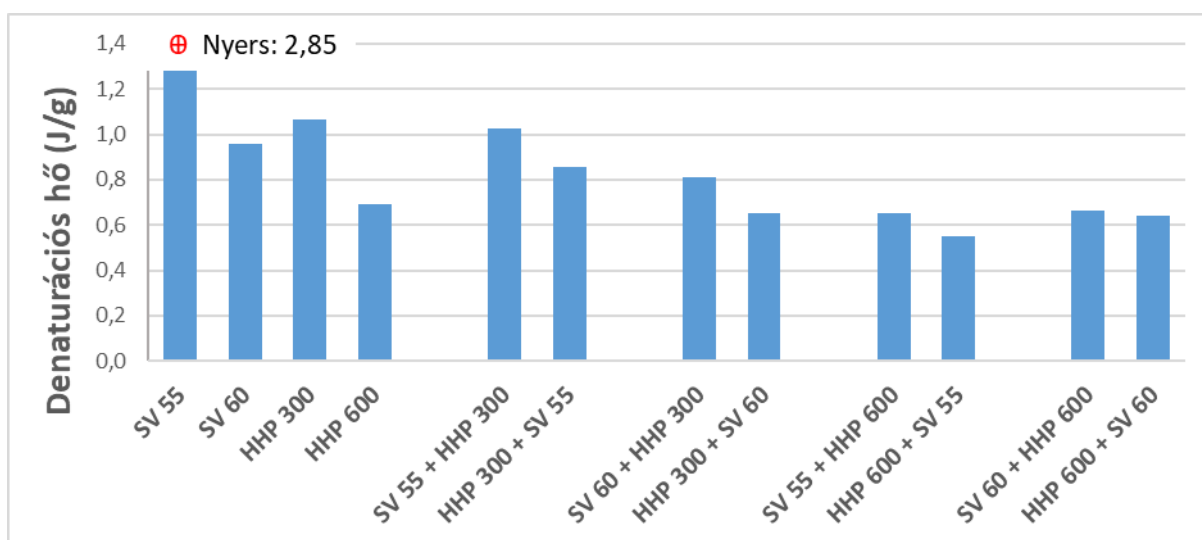


19. ábra

A kacsamell tű mérőfejjel mért összmunka értékeinek (w) alakulása a különböző egyszeres és kombinált kezelések függvényében

5.5 DSC mérés eredményei

A DSC mérés eredményeit a felvett hőáram görbék denaturációs entalpia érték alapján értékeltem (20. ábra). A nyers és a kezelt minták közötti hőáram különbség megmutatja, hogy az összes fehérje mennyiségének mekkora hányada denaturálódott. A fehérjékkel szemben legkíméletesebbnek az 55 °C-on végzett sous-vide kezelés bizonyult, ahol az összes fehérje 55 %-a denaturálódott. Ezt követi a 300 MPa nyomáskezelés. Ezekről az egyszeres kezelésekről mondható el, hogy kíméletesebbek voltak a kombinált kezelésekhez képest. Azoknál az egyszeres kezeléseknél, ahol növeltük a nyomást vagy a hőmérsékletet (SV 60, HHP 600), hasonló eredményeket mértünk, mint a kombinált kezelésem átesett minták esetében. Megállapítható, hogy az adott paramétereken végzett sous-vide kezelések a 300 MPa nyomáskezeléshez képest kisebb roncsoló hatással voltak a fehérjékre. A kombinált kezelések eredményeit vizsgálva kijelenthetjük, hogy az a hőkezelést követő nyomáskezelés minden esetben kíméletesebb volt. Tehát ez esetben is számít a sorrend.



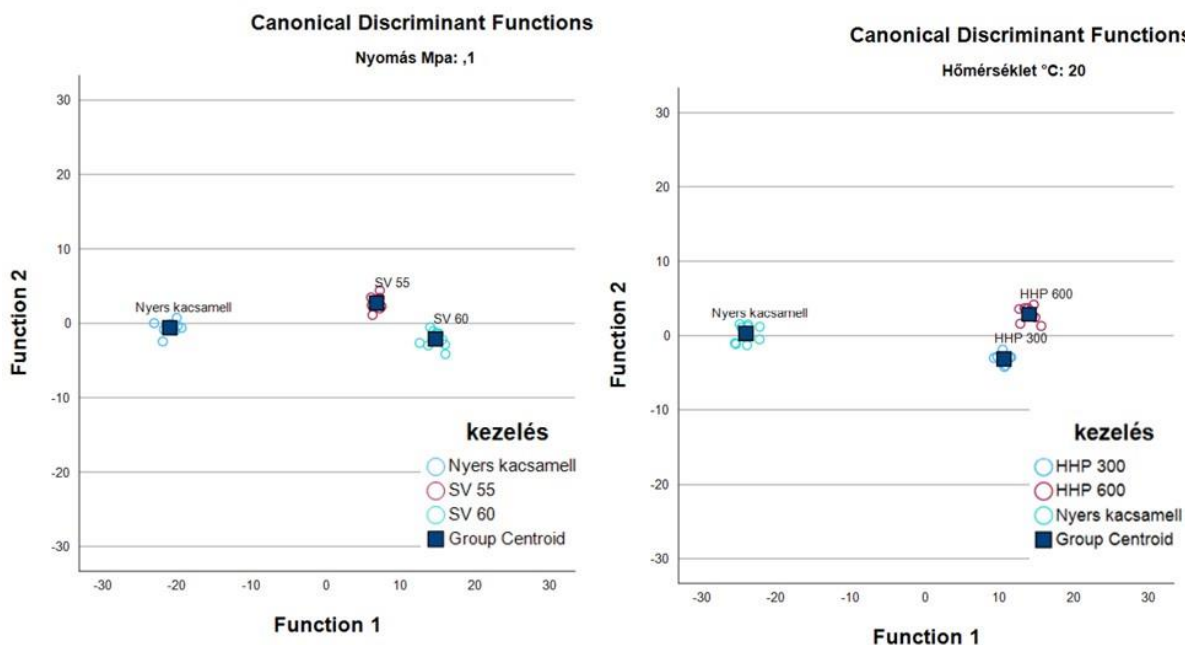
20. ábra

A kacsamell denaturációs entalpia értékeinek alakulása a különböző egyszeres és kombinált kezelések függvényében

5.6 A diszkriminancia analízis eredményei

Az eredmények kiértékelése többváltozós statisztikai módszerrel, kanonikus diszkriminancia analízis segítségével történt. Az egyszeresen kezelt minták eredményeinek megjelenítéséhez a program a hőkezelés esetében légköri nyomáson (0,1 MPa), a nyomáskezelés esetében pedig szobahőmérsékleten (20 °C) értékelte az eredményeket (21.

ábra). Látható módon jól elkülönülnek egymástól a csoportok a statisztikai térben, ami azt bizonyítja, hogy a hőmérséklet 55 °C-ról 60 °C-ra, a nyomásérték 300 MPa-ról 600 MPa-ra emelése is befolyással van a kialakult termék minőségére. Ez a mintázat nem meglepő, hiszen valamennyi mért tulajdonság eredményeiben megmutatkozott a különbség az enyhébb és az erősebb egyszeres kezelések között.

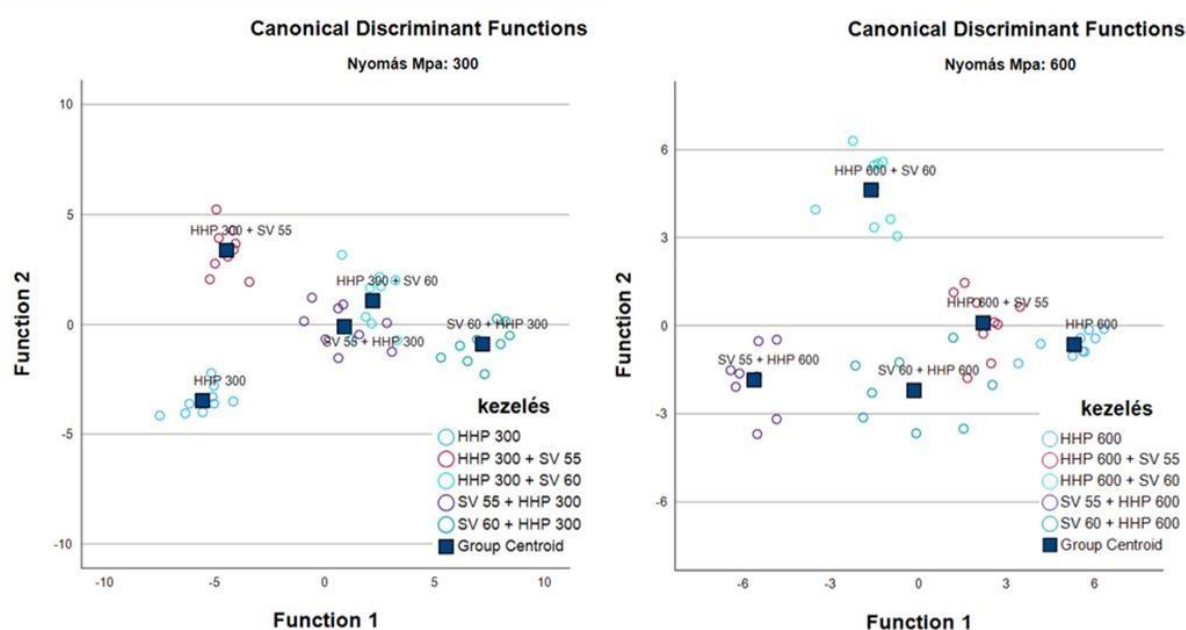


21. ábra

A nyers, valamint az egyszeresen hőkezelt (bal oldalon) és az egyszeresen nyomáskezelt (jobb oldalon), kacsamell minták diszkriminancia elemzésének eredményei

A 22. ábrán a program a különböző nyomásértékeken értékelte az egyszeres és kombinált kezelések eredményeit. Bal oldalon az alacsonyabb nyomáson, 300 MPa-on, jobb oldalon pedig a magasabban, 600 MPa-on. A bal oldali statisztikai térben jól elkülönül az egyszeresen kezelt minta (300 MPa) a kombináltan kezelttől. Magasabb nyomásérték mellett (jobb oldal) a csoportok jobban elkülönülnek egymástól, ez a nyomás növelésének termékre gyakorolt erőteljesebb hatását bizonyítja. Megjegyzendő, hogy itt az egyszeres kezelés már nem különül úgy el, mint ahogy azt a bal oldalon láthattuk. Ennek oka, hogy 600 MPa-on a nyomáskezelés önmagában már nem sokkal kíméletesebb a termékkel az egyes kombinált kezelésekhöz képest. A csoport a HHP 600 + SV 55 csoporthoz áll a legközelebb, ami arra következtet, hogy a magasabb nyomáskezelés után végzett hőkezelés már nem befolyásolja jelentősen a termék tulajdonságait. Jól elkülönül viszont a HHP 600 + SV 60 csoport, ami nem meglepő, hiszen több mért tulajdonság eredményeit vizsgálva is ez a kezelés okozta a legtöbb változást a termékben (tömegveszteség, denaturációs hő, szín). Jól látható a

nagy különbség az ugyan ilyen paraméterekkel végzett fordított sorrendű kezeléshez képest. Itt is azt a megállapítást tehetjük, hogy ha a kombinált kezelésnél a nyomás az első, a termék nagyobb mértékű változást szenved. Alátámasztja ezt a megítélést a SV 55 + HHP 600 csoport elkülönülése, mint legenyhébb kombinált kezelés (600 MPa nyomás mellett).

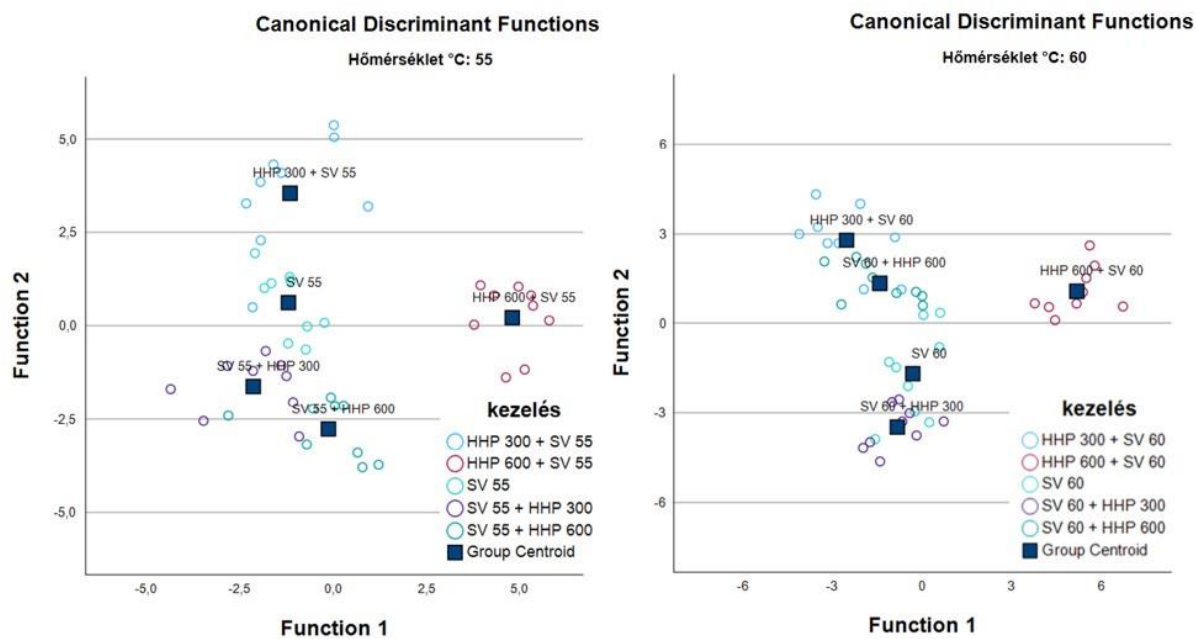


22. ábra

Különböző nyomásértékeken (bal oldalon: 300 MPa, jobb oldalon: 600 MPa) egyszeresen és kombináltan kezelt kacsamell minták diszkriminancia elemzésének eredményei

Az eredmények csoportosítását a program az alkalmazott hőmérsékletek alapján is megjelenítette (23. ábra). Bal oldalon az 55 °C-on, jobb oldalon 60 °C-on végzett kezelések eredményei láthatók. A korábban tett megállapítás ennél az ábránál is helytálló, miszerint a 600 MPa-on végzett hőkezelést megelőző nyomáskezelés okozza a legnagyobb mértékű változást a termékben. Fontos megemlíteni, hogy a hőkezelés után alkalmazott nyomáskezelés csoportjai közel helyezkednek el az egyszeresen hőkezelt csoportoktól. Tehát ha hőkezelést követően alkalmazunk nyomáskezelést is, a termék érzékszervi minőségének változása nem jelentős.

Az alkotott modellek alapján a sikeres újrabesorolások aránya minden esetben 100 %os volt. A keresztvalidáció során a megfelelő csoportba történő helyes besorolás találati arányai következők: 0,1 MPa: 96,3 %; 20 °C: 96,3 %; 300 MPa: 97,8 %; 600 MPa: 95,6 %; 55 °C: 91,6 %; 60 °C: 88,9 %.



23. ábra

Különböző hőmérsékleten (bal oldalon: 55 °C, jobb oldalon: 60 °C) egyszeresen és kombináltan kezelt kacsamell minták diszkriminancia elemzésének eredményei

6 ÖSSZEFOGLALÁS

Az élelmiszeripar egyik legnagyobb kihívása olyan tartósítási módszerek kidolgozása, mely megteremti a termék mikrobiológiai stabilitását, amellet, hogy a termék érzékszervi tulajdonságai és beltartalmi értékei a lehető legkisebb mértékben romlanak. Az ilyen eljárásokat nevezzük kíméletes tartósítási technológiáknak, melyre „minimal processing” kifejezésként is hivatkozhatunk. A kevés feldolgozási lépésen átesett, adalékanyagmentes, friss termékekre egyre nagyobb a fogyasztói igény. A kíméletes tartósító technológiák kidolgozása az iparág dinamikusan fejlődő területe, ezért érdemesnek tartottam ebben a témában elkészíteni a diplomadolgozatot.

Munkám során kacsamell mintákat kezeltem kíméletes tartósítási eljárásokkal, mint a sous-vide (30 perc, 55 – 60 °C) és a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés (5 perc, 300 – 600 MPa). A mintákat kezeltem egyszeresen és kombinálva, különböző sorrendekben, és beállítási paramétereken, így átfogó képet kaphattam a kezelések húsról gyakorolt hatásairól. A kezelt minták különböző fizikai és kémiai tulajdonságait vizsgáltam, mint a pH, a szín, az állomány, a tömegveszteség és a fehérjeállapot. Célkitűzésemben több kérdést is megfogalmaztam, például hogy számít-e a kezelések sorrendje, és ha igen, mi a termék szempontjából az optimális. Kíváncsi voltam arra is, hogy hogyan befolyásolja a hús minőségét a nyomás-, illetve hőmérséklet emelése, továbbá, hogy a kombinált kezeléseknek hogyan hatnak a húsról az egyszereshez képest.

A pH értékek a nyers mintához képest minden esetben emelkedtek, de az eredmények alapján nem lehetett egyértelmű következtetést levonni a kezelések hatásairól. Az eredmények értékelését a meglehetősen magas szórás nehezítette, amit a többi vizsgált paraméternél is tapasztaltam. Ez a kacsamell minta inhomogenitására vezethető vissza.

A tömegveszteség eredményeiből megállapítható, hogy a hőkezelés nagyobb arányú léavesztéssel jár a nyomáskezeléshez képest. Így a hőmérséklet emelése is nagyobb mértékű tömegvesztést okozott, mint a nyomás emelése. A 300 MPa-on történő kombinált kezelésekről elmondható, hogy nem okozott nagyobb tömegvesztést, mint az egyszeres hőkezelés. A sorrend hatásáról nem lehet egyértelmű megállapítást tenni.

Színmérés során a sárga színezet nőtt a legnagyobb mértékben. A világossági tényező is minden esetben jelentősen nőtt, a vörös színezet pedig csak az erőteljesebb kombinált

kezelések hatására mutatott csökkenést. Mindegyik paraméter vizsgálatánál, és a színínger különbségek alapján is elmondható, hogy azok a kombinált kezelések változtatták a legkisebb mértékben a hús színét, ahol a hőkezelést megelőzte a nyomáskezelés. Megállapítható továbbá, hogy a nyomáskezelés nagyobb mértékű színváltozást eredményezett, mint a sousvide kezelés. A ΔE^* érték alapján a sorrend is befolyásoló tényező.

Az állománymérés eredményeinél megállapíthatjuk, hogy a kezelések hatására a hús keményedett. Mind a nyomás, mind a hőmérséklet emelése hatással volt a hús állományára. További következtetéseket a kiugró eredmények és a magas szórás miatt nem lehet tenni.

A DSC vizsgálat eredményei alapján az egyszeres, enyhébb kezelések voltak a legkíméletesebbek a fehérjékre nézve. Az erőteljesebb egyszeres kezelések, és a kezelések kombinálása is további fehérje denaturációt okozott. A sorrend jelentősége egyértelmű, itt is az a kezelés bizonyul enyhébbnek, ahol a hőkezelést alkalmazzuk először.

A diszkriminancia analízis segítségével lehetőség nyílt az eredmények statisztikai áttekintésére, mellyel komplexen értékelhettem a mért tulajdonságokat. A kiértékelést elvégeztem légköri nyomáson, 300 és 600 MPa-on, valamint szobahőmérsékleten, 55 és 60 °C-on is. A mért tulajdonságok alapján a minták csoportokba rendeződtek, melyből a következő következtetéseket vontam le: (i) a hőmérséklet 55 °C-ról 60 °C-ra, a nyomásérték 300 MPa-ról 600 MPa-ra emelése is jelentős befolyással volt a kialakult termék mért tulajdonságaira, (ii) ha a kombinált kezelésnél a hőkezelést alkalmazzuk először, a termék kisebb mértékű változást szenved, (iii) a legnagyobb behatást a 600 MPa-on végzett hőkezelést megelőző nyomáskezelés okozta.

Összegezve elmondható, hogy a kacsamell mintákkal az egyszeres, enyhébb kezelések voltak a legkíméletesebbek. Szakirodalmi adatok alapján ezek azonban nem eredményeznek mikrobiológiai szempontból stabil terméket, így szükség van a kezelések kombinált alkalmazására. Annak érdekében, hogy a termék fizikai és kémiai tulajdonságai kevésbé változzanak, célszerű a sorrendet hőkezeléssel kezdeni. Mivel a vizsgált szempontok alapján nyomás emelése drasztikus változást okozott, így az alacsonyabb nyomásérték alkalmazását tartom optimális választásnak, tehát a SV 55 + HHP 300 és a SV 60 + HHP 300 kezeléseket.

7 IRODALOMJEGYZÉK

- Aganovic, K., Hertel, C., F. Vogel, R., John, R., Schlüter, O., Schwarzenbolz, U., . . . Heinz, V. (2021). Aspects of high hydrostatic pressure food processing: Perspectives on technology and food safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.
- Bak, K., Bolumar, T., Karlsson, A., Lindahl, G., & Orlien, V. (2017). Effect of high pressure treatment on the color of fresh and processed meats: A review. *Critical Reviews In Food Science and Nutrition*.
- Balasubramaniam, V., Barbosa-Cánovas, G., & Lelieveld, H. (2016). *High Pressure Processing of Food. Principles, Technology and Applications*. Springer.
- Balázs, G. (2009). *Húsok és húskészítmények*. Budapest: Mundus Magyar Egyetemi Kiadó.
- Balla, C. (2006). Kíméletes élelmiszer-kezelési eljárások alapjai. In H. k. Páztorné, & I. Kiss, *Minőségkímélő élelmiszertechnológiák és élelmiszer-biztonság* (old.: 9 - 14). Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kara és a Mezőgazda Kiadó.
- Barkó, A., Csurka, T., Visy, A., & Tóth, A. (2022). A hús. *A magyar húsipar tudományos folyóirata*.
- Baromfi Termék Tanács*. (2021). Forrás: <https://mbtt.hu/>:
https://mbtt.hu/hireink/folytatodik_a_baromfihusok_fogyasztasat_osztonzo_kampany?highlight_text=kacsa%20fogyaszt%C3%A1s
- Bíró, G., & Linder, K. (1995). *Tápanyagtáblázat*. Budapest: Medicina Könyvkiadó.
- Bıyıklı, M., Akoğlu, A., Kurhanc, Ş., & Akoğlu, İ. (2020). Effect of different Sous Vide cooking temperature-time combinations on the physicochemical, microbiological, and sensory properties of turkey cutlet. *International Journal of Gastronomy and Food Science*.
- BME. (1999). Termikus analízis jegyzet. Forrás:
http://oktatas.ch.bme.hu/oktatas/konyvek/anal/BSc-Analitikai-esSzerkezetvizsgalati-Szaklabor/Termikus-analizis_jegyzet_1999.pdf Buckow, R., Sikes, A., & Tume, R. (2013). Effect of High Pressure on Physicochemical Properties of Meat. *Food Science and Nutrition*.
- Csapó, J. (2007). *Élelmiszer-fehérjék minősítése*. Scientia Kiadó.

- Dalmadi, I., & Polyákné, d. (2006). Vákuumfőzött (sous-vide) termékek előállítás. In H. Pásztorné, & I. Kiss, *Minőségkímélő élelmiszertechnológiák és élelmiszer-biztonság* (old.: 83 - 95). Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kara és a Mezőgazda Kiadó.
- Dalmadi, I., Seregély, Z., Kaffka, K., & Farkas, J. (2007). Néhány többváltozós kemometriai módszer alkalmazása műszeres analitikai vizsgálatok értékelésére. *Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Kar.*
- Deák, T., Kiskó, G., Maráz, A., & Mohácsiné, F. (2006). *Élelmiszer-mikrobiológia*. Mezőgazda Kiadó.
- Farkas, J. (1994). A DSC-termoanalitikai módszer néhány élelmiszertudományi alkalmazása. *Élelmiszervizsgálati Közlemények.*
- Farrimond, S. (2023). *A főzés tudománya*. Libri könyvkiadó Kft.
- Friedrich, L. (2006). Színmérés. In H. k. Pásztorné, & I. Kiss, *Minőségkímélő élelmiszertechnológiák és élelmiszer-biztonság* (old.: 80). Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kara és a Mezőgazda Kiadó.
- Gasztonyi, K., & Lásztity, R. (1993). *Élelmiszer-kémia 2*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
- Henter, I. (2013). *Táplálkozási és élelmezési ismeretek*. EKF Líceum Kiadó.
- Huang, H.-W., Wu, S.-J., Lu, J.-K., Shyu, Y.-T., & Wang, C.-Y. (2017). Current status and future trends of high-pressure processing in food industry. *Food Control*, 72 1-8.
- Hugas, M., Garriga, M., & Monfort, J. (2002). New mild technologies in meat processing: high pressure as a model technology. *Meat Science*.
- Hwang, S.-I., Lee, E.-J., & Hong, G.-P. (2019). Effects of Temperature and Time on the Cookery. *Food Science of Animal Resources Properties of Sous-vide Processed Pork Loin*.
- Kaushal Balakrishna, A., Wazed, M., & Farid, M. (2020). A Review on the Effect of High Pressure Processing (HPP) on Gelatinization and Infusion of Nutrients. *molecules*.
- Kenesei, G. (2018). Kíméletes hőkezelés és nagy hidrosztatikus nyomáskezelés kombinálásának hatása sertéshús egyes minőségjellemzőire. *Doktori értekezés*.

Budapest.

- Khan, M. A., Ali, S., Abid, M., Cao, J., Jabbar, S., Tume, R. K., & Zhou, G. (2014). Improved duck meat quality by application of high pressure and heat: A study of water mobility and compartmentalization, protein denaturation and textural properties. *Food Research International*.
- Konz, K., Páztorné, H. K., & Dalmadi, I. (2006). Nagy hidrosztatikus nyomásélelmiszer-ipari alkalmazása. In H. k. Páztorné, & I. Kiss, *Minőségkímélő élelmiszertechnológiák és élelmiszer-biztonság* (old.: 50 - 58). Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kara és a Mezőgazda Kiadó.
- Latoch, A., Głuchowski, A., & Czarniecka-Skubina, E. (2023). Sous-Vide as an Alternative Method of Cooking to Improve the Quality of Meat: A Review. *Foods*.
- Leistner, L. (2000). Basic aspects of food preservation by hurdle technology. Review. *International Journal of Food Microbiology*, 181 - 186.
- Li, C., Wang, D., Xu, W., Gao, F., & Zhou, G. (2013). Effect of final cooked temperature on tenderness, protein solubility and microstructure of duck breast muscle. *LWT - Food Science and Technology*.
- Lukács, G. (1982). *Színmérés*. Műszaki könyvkiadó.
- Ma, H.-J., & Ledward, D. (2004). High pressure/thermal treatment effects on the texture of beef muscle. *Meat Science* 68, 347–355.
- MATE. (dátum nélk.). Élelmiszerek analitikai minősítése - hús és húskészítmények minősítése. jegyzet.
- Mukhopadhyay, & Gorris. (2014). Hurdle Technology. *Encyclopedia of Food Microbiology*.
- Murphy, R., & Marks, B. (2000). Effect of Meat Temperature on Proteins, Texture, and Cook Loss for Ground Chicken Breast Patties. *Poultry Science*.
- Ohlsson, T., & Bengtsson, N. (2002). *Minimal processing technologies in the food industries*. Elsevier.
- Rezler, R., Krzywdzinska-Bartkowiak, M., & Piatek, M. (2023). The Influence of the Sous Vide Cooking Time on Selected Characteristics of Pork Lion. *Molecules*.

Rigó, J. (2013). *Dietetika*. Medicina Könyvkiadó Zrt.

Shin, D.-M., Yune, J., Kim, D.-H., & Han, S. (2023). Effect of sous-vide cooking conditions on the physicochemical, microbiological and microstructural properties of duck breast meat. *Animal Bioscience*.

Siddiqui, M., & Rahman, M. (2015). *Minimally processed foods: Technologies for safety, quality, and convenience*. Springer.

Sun, D. X., & Holley, R. (2009). High Hydrostatic Pressure Effects on the Texture of Meat and Meat Products. *Journal of food science*.

teachpe.com: *Skeletal Muscle Structure*. (dátum nélk.). Forrás:
<https://www.teachpe.com/anatomy-physiology/structure-of-skeletal-muscle>

Vadáné, K. (1999). A húsminőség alapjai. Debreceni Agrártudományi.

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Lakatos Márta
A Hallgató Neptun kódja: EZFNYT
A dolgozat címe: KÍMÉLETES TARTÓSÍTÓ TECHNOLOGIÁK, MINT SOUS-
VIDE ÉS NAGYNYOMÁSÚ KEZELÉS HATÁSA A
KACSAMELL EGYES MINŐSÉGI JELLEMZŐIRE
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
A konzulens tanszékének a neve: Állatitermék és Élelmiszer-tartósítási Technológia
Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottnak tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

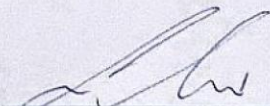
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

-nem titkosított dolgozat a védelmet követően

-titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: 2024 év 04 hó 22 nap


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Lakatos Márta (EZFNYT) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem²

Kelt: Budapest, 2024 év április hó 24. nap



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.