






Barkó Annamária, Csurka Tamás, Visy Anna, Tóth Adrienn,
Friedrich László


Az előhűtési és érlelési módok hatása a marhahús minőségi jellemzőire


Szerzők elérhetősége

Barkó Annamária¹  0000-0001-8260-3021 | PhD-hallgató
barko.annamaria@phd.uni-mate.hu

Csurka Tamás¹  0000-0002-7279-0027 | PhD-hallgató
csurka.tamas@uni-mate.hu

Visy Anna¹  0000-0001-8259-8429 | tudományos segédmunkatárs
visy.anna@uni-mate.hu

Tóth Adrienn¹  0000-0001-8360-2661 | tudományos munkatárs
toth.adrienn@uni-mate.hu

Dr. Friedrich László¹  0000-0002-3679-2391 | intézet- és tanszékvezető, egyetemi tanár
friedrich.laszlo.ferenc@uni-mate.hu

A szerzők munkahelye

¹ MATE, Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék
Munkahely címe: 1118 Budapest, Ménesi út 43-45.

Összefoglalás

Az elmúlt évtizedben a hazai húsfogyasztási trendek nem igazán kedveztek a magasabb minőségi kategóriába sorolható marhahús előállításának. Ennek fő oka a pénzorientáltság és az emelkedő költségek, ezek kihatottak a hús értékesítési piacára is, amit az érzékeny fogyasztók nem toleráltak. Manapság javuló tendencia mutatkozik, és egyre több igény van a jól előkészített minőségi húsról, amihez fizetőképesebb kereslet is társul. A jó minőségű marhahús-alapanyag előállítása és felhasználása érdekében döntöttünk úgy, hogy vizsgáljuk a vágás utáni előkezelési módokat, majd ezt követően a két különböző szárazérlelési technológia 8 hetes időintervallumban kifejtett hatását a hús minőségére. Az optimális előkezelési mód feltérképezésével egy állandó minőségű alapanyag-előállítást lehetne megvalósítani.

Az érlelési technológiák vizsgálatával az volt a célunk, hogy kiderítsük: a viszonylag újnak mondható szárazérlelő tasakban történő technológia alkalmazásával lerövidíthető-e az érlelési idő, valamint élelmiszer-biztonsági szempontból jobb eredményt ad-e, mint a hagyományosan szárazérlelt társa, úgy, hogy közben minőségi és érzékszervi romlás nem jelentkezik. A szárazérlelő tasak egy költségghatékonyabb alternatíva lehetne az ipar mellett a hentesüzletek vagy akár a házi felhasználás számára is.

Az előhűtési vizsgálat során 4 különböző mintán (két félttest, marha első negyed, marha hátsó negyed) az alábbi paramétereket mértük: hőmérséklet, pH, redoxpotenciál. Ezen mérésekre kapott eredmények értékelésekor arra kerestük a választ, hogy a lassú hűtésű vagy a gyors hűtésű félttest ideális-e a húsminőséget tekintve. Továbbá arra, hogy gyors hűtésű első negyedként vagy gyors hűtésű hátsó negyedként történő előhűtés alkalmazásával kapunk-e a hús minősége szempontjából optimális értékeket.

Az ezt követő 8 hetes érlelési periódusban a gyors, valamint a lassú hűtésű félttestből kivágott mintákon az alábbi vizsgálatok során kapott paramétereket értékeltük: színmérés, csepegési veszteség, mikrobiológiai állapot, valamint érzékszervi jellemzők. Ezen mérésekre kapott eredmények kvalifikálásával célunk volt megnézni, hogy az érlelés során vett mintákat befolyásolja-e, hogy a vágást követően gyorsan vagy lassan történt a hűtés. Emellett az adott vizsgálatokkal arra kerestük a választ, hogy a hagyományosan szárazérlelt vagy a szárazérlelő tasakban érlelt húskok adnak-e kedvezőbb eredményt a húsminőséget tekintve.

A kapott eredmények alapján megállapítottuk, hogy a hűlési sebességre hatással van az, hogy negyed- vagy félttestként történik a hűtés. A pH- és redoxpotenciál-értékeket már csak az előhűtés sebessége befolyásolta, nem volt hatással ezen értékekre, hogy negyed- vagy félttestként történt a hűtés. Megállapítottuk, hogy a hús minősége szempontjából kedvezőbb terméket kapunk, ha vágást követően lassú hűtésnek vetjük alá a húsmintákat. A kétféle típusú szárazérlelési technológia összehasonlító vizsgálati eredményei alapján megállapítottuk, hogy kedvezőbb minőségű terméket állíthatunk elő a szárazérlelő tasak felhasználásával.

Kulcsszavak: marhahús, húsminőség, vágás utáni előkezelési módok, szárazérlelési technológiák

Bevezetés

A hús már ősidők óta értékes táplálékunk, és nélkülözhetetlenek az ebből készült ételek. Ezen alapanyag tápanyagokban gazdag, fontos fehérje-, zsír-, vitamin- és ásványianyag-forrás. A fehérjék az emberi test sejtjeinek felépítésében és működésében a legfontosabb szerepet töltik be. A hús az egyik legfontosabb koncentrált, teljes értékű és biológiai hasznosulású fehérjeforrás. A zsíroknak jelentős biológiai szerepük van, hiszen a legnagyobb energiataartalmú tápanyagforrásunk, valamint sejtjeink nélkülözhetetlen építőkövei.

A hazai húsmarha-állomány kb. 70%-a exportra megy. Ennek oka, hogy a hazai húsfogyasztási trendek nem nyitnak teret a jó minőségű marhahús-nak, valamint a folyamatosan emelkedő költségek a hús árára is hatással vannak, amit az árérzékeny hazai fogyasztók nem tolerálnak. Továbbá gátat szab a marhahús elkészítésében az információ hiánya is, ugyanis sokan nem tudják, hogy milyen húsrészből, hogyan kell elkészíteni az aktuális ételt.

Magyarországon csak egy szűkebb réteget érint a steak hús fogyasztása, ugyanis ennek elkészítése gondos odafigyelést és gyakorlatot kíván. Ezen probléma megoldásához, könnyítéséhez segítség az elkészítés előtti érlelési szakaszra fókuszálni, hiszen ezzel lehetséges minőségi alapanyagot előállítani steaken túl, akár pörkölttekhez is. Az érlelésen kívül a steak ízét és állagát nagymértékben befolyásolja az állat takarmányozása, tartása, genetikai jellemzői. Marhahús esetében a kellemes textúra és ízvilág kialakulásához időre van szükség. Ezen állomány elérése kétféle úton valósítható meg (KEMP et al., 2010), amikor a marhahúst nedvesen érlelik, vákuumcsomagba helyezik, és meghatározott ideig ellenőrzött körülmények között tárolják. A másik mód a szárazérlelés. Ez az a folyamat, amikor a hasított marhatestet, testrészeket felakasztják, illetve a csomagolatlan szeleteket hűtött helyiségben helyezik el, és néhány hétig vagy akár hónapig is szabályozott hőmérséklet, relatív páratartalom és légáram mellett érlelik (STENTSRÖM et al., 2014). Az ér-

lelést az enzimek mellett baktériumok és penészek is végzik, így sokkal karakteresebb, ízletesebb, zamatosabb húst eredményez az érlelés.

Célkitűzés

A hús textúráját, állományát, érzékszervi tulajdonságait számos tényező befolyásolhatja. A marhahús esetében a legmeghatározóbb szempont a hús előkezelése és érlelése. Ezek alapján célunk volt megvizsgálni, hogyan befolyásolják a vágást követő különböző hűtési hőmérsékletek és módok a hús minőségét, állományát. További célunk volt a különböző szárazérlelési technológiai tanulmányozása és hatásának vizsgálata a hús fizikai, mikrobiológiai és érzékszervi tulajdonságaira.

Ahhoz, hogy átfogó képet kapjunk a hűtési módok hatásáról, sebességéről, valamint a kétféle típusú szárazérlelés ideje során végbement változásokról, továbbá ezek hatásáról a hús minőségére, a következő kérdésekre kerestük a válaszokat:

- Miként alakul a hús redoxpotenciálja, hogyan változik a pH-értéke, hőmérséklete fél, illetve negyedelt marha esetében, valamint eltérő lehűtés során?
- Az érlelés előrehaladtával a különböző érettségi állapotokban hogyan változik a hús mikrobiológiai állapota, színe, valamint hogyan alakul a csepegési vesztesége és az érzékszervi tulajdonsága a kétféle módon szárazérlelt marhahús-nak?

A vizsgálatunk során kapott eredmények alapján szeretnénk meghatározni a vágást követő optimális hűtési módot és hőmérsékletet, ami a hús minősége szempontjából a legkedvezőbb. Ezen felül a hagyományosan szárazérlelt hús és a speciális szárazérlelt tasakban érlelt húsok összehasonlításából választ szeretnénk kapni az optimális érlelési fajtára.

Irodalmi áttekintés

A hús hűtése

Napjainkban a húshűtés technikai fejlődése olyan rendszerek felé halad,

amelyek nem használnak nagyon alacsony hőmérsékletet, ugyanakkor alacsony hústömegvesztést tesznek lehetővé. A marhahústermelés energiafelhasználásának és gazdaságosságának javítása érdekében a lassú módszereket felváltják a gyors és sokkoló módszerek. A gyakorlatban azonban a hasított testek túl lassú vagy túl gyors hűtése minőségromlást eredményezhet. Ezért a megfelelő hűtési mód kiválasztásakor nagy körültekintéssel kell eljárni (BRANDEN, 2013; ZHANG et al., 2019). A lassú vagy késleltetett hűtés a pH gyors csökkenésével és a marhahús érzékenységre gyakorolt káros hatással bír, ami úgynevezett hó által kiváltott keményedést, zsugorodást eredményez (KIM et al., 2014). Azonban, ha a hasított testek hűtése túl gyors, a vörös izomrostokban gazdag húsok – mint például a marhahús – érzékenyek a „hideg rövidülés” jelenségére, ami visszafordíthatatlan keménységet eredményez. Ebben az összefüggésben a hasított test zsírtartalma is figyelembe veendő, mivel a megfelelő zsírréteg szigeteli a hasított testet, és megakadályozza annak túl gyors kihűlését. Az izmok elektromos stimulációja a vágási folyamat során segít megelőzni ezt a jelenséget azáltal, hogy felgyorsítja a rigor mortis kialakulását, gyorsan kimerítve az izom energiataartalékát (SAVELL et al., 2005).

A hús érési folyamata

A hús érése során lejátszódó biokémiai folyamatok

Az állat levágása után is jelentős biokémiai változások mennek végbe a friss húsban. Mivel az oxigénellátás megszűnik, ezért anaerob glikolízis váltja fel az addigi aerob energiatermelő folyamatot. Glikolízis során tejsav képződik az izomszövet szénhidrát-tartalékából. Az ATP mennyisége csökken, ugyanis felbomlik az egyensúly az ATP-bontó és az ATP-szintetizáló folyamatok között. A hullamerevség annak az eredménye, hogy az ATP-szint lecsökken, így az izomösszehúzódásra jellemző miozin-aktin kölcsönhatást már nem lehet újra feloldani. A folyamatok előrehala-



dásával a pH csökkenni kezd, a tejsav mennyisége tovább nő, valamint megjelennek az ATP közvetlen (ADP, AMP), majd további bomlástermékei. Mivel a változások az izomrostok szerkezetét is befolyásolják, így a fehérjék vízfelvétele és duzzadásképesége csökken (ENGLAND et al., 2016).

Az állat levágása után az elsődleges cél a tökéletes kivéreztetés, annak érdekében, hogy a rendszer redoxpotenciálja a lehető leggyorsabban tolódjon el a redukció irányába. Oxigén hiányában a terminális oxidáció lehetetlenné válik, és nagyon kevés ATP termelődik az oxigénnel ellátott állapotához képest. Amikor az oxigénszint-csökkenés olyan határt ér el, ami nem elegendő már az aktin-miozin kapcsolat gátlására, bekövetkezik a hullamerevség. A további folyamatok során a még meglévő ATP, ADP, AMP lebomlása észlelhető. A glikolízis következtében tejsav szaporodik fel, ami a pH csökkenését okozza (MATERNEH et al., 2017).

A hús érése során lejátszódó enzimátikus folyamatok

A halál utáni húspuhaságot befolyásoló két fő izomfehérje-csoport a miofibrillumok és a kötőszöveti fehérjék (KEMP és PARR, 2012). Széles körben beszámoltak arról, hogy a kalpainok hidrolizálják a miofibrilláris fehérjéket (KEMP és PARR, 2012; ÁLVAREZ et al., 2019). A közelmúltban végzett kutatások dokumentálták az olyan fehérjék lebomlását, mint a dezmin, titin és nebulin, amik a kalpainok szubsztrátjai, és erősen összefüggésbe hozhatók a hús puhaságával (LOMIWES et al., 2014; STARKEY et al., 2016). Ez arra utal, hogy a kalpainok – különösen a kalpain I vagy μ -kalpain – jelentős szerepet játszanak a hús vágás utáni puhításában.

A kalpasztatin, mind a μ -kalpain, mind az m-kalpain endogén inhibitora egyaránt összefüggésbe hozható a fajok közötti és a fajon belüli húspuhasággal (CHÉRET et al., 2007). Több kutatócsoport bizonyította, hogy a μ -kalpainok játsszák a legfontosabb szerepet a post mortem izom proteolízisben és a hús puhításában (KOOHMARAIE és GEESINK, 2006; TOLDRÁ, 2010).

A kalpasztatin magas szintje a húspuhaság csökkenésével jár (LANA és ZOLLA, 2016). A kalpasztatin egy hőstabil, strukturálatlan fehérje, ami kalcium jelenlétében négy kalpain molekulát tud reverzibilisen megkötni és gátolni.

A kalpasztatin kalpainokra kifejtett gátló hatásának pontos mechanizmusa nem tisztázott. Felmerült azonban, hogy a kalpainok lebontják a kalpasztatint azáltal, hogy felhasítják a kalpasztatingátló domének közötti rendezetlen régiókat, és olyan peptidfragmenseket képeznek, amelyek egyben kalpaininhibitorok is (LIAN et al., 2013).

A katepszinok szerepe a postmortempuhításban ellentmondásos, elsősorban azért, mert a lizoszómákban található, ami korlátozza a szubsztrát hozzáférhetőségét. A postmortemtárolás során a pH és a hőmérséklet csökkenése miatt a lizoszómák membránjai megrepednek, és katepszinok felszabadulását idézik elő a citoszólban. A katepszinok savas lizoszomális fehérjék, és ki kell szabadulniuk a lizoszómákból, hogy részt vegyenek a miofibrillumok postmortem-proteolízisében (LANA és ZOLLA, 2016).

Anyag és módszer

A vizsgálat első lépéseként egy 24 órás mérést végeztünk az apaji vágóhídon, ahol félóránként történt a mintavételezés. Ekkor vizsgáltuk a húсок hőmérsékletét, pH-értékeit és redoxpotenciál-értékeit. Ahhoz, hogy a későbbiekben össze lehessen hasonlítani a két állatból vett mintákat, hasonló korú és ugyanolyan tartáson (extenzív) nevelt állatok húsát vizsgáltuk.

Alapanyag- és minta-előkészítés

A minták azonosítása az alábbiak szerint történt:

- A minta: a féltestet 18 °C-on 2,5 óráig tároltuk, utána került a hűtőbe = lassú hűtés
- B minta: a féltestet a hasítást követően azonnal a hűtőbe került = gyors hűtés

- C minta: a negyedelést követően a marha első negyede azonnal hűtőbe került = gyors hűtés
- D minta: a negyedelést követően a marha hátsó negyede azonnal hűtőbe került = gyors hűtés

A hűtőkamra hőmérséklete 2-3 °C volt.

A 24 órás mérés során alkalmazott vizsgálati módszerek

Hőmérséklet- és pH-mérés

A minták hőmérséklet- és pH-értékének meghatározásához TESTO 206 típusú mérőműszert alkalmaztunk. A hőmérőt és a pH-elektrodát minden mintánál hasonló testrészebe szúrtuk be, majd ezt követően megvártuk, amíg a rendszer beállt, és leolvastuk az értéket.

Redoxpotenciál-mérés

A redoxpotenciál méréséhez +/- 2000 mV-tól +/- 2 mV tartományon belül működő AD-132 típusú műszert alkalmaztunk. A redoxpotenciált mérő elektrodát minden mintánál hasonló testrészebe szúrtuk be, ezt követően megvártuk, amíg a rendszer beállt, és leolvastuk az értéket.

A vágóhídon ezt a három paramétert mértük. 24 óra elteltével kerültek át a minták a szárazérlelő helyiségbe.

Szárazérlelés és minta-előkészítés

Az érlelés során mintát vettünk a 0. napon (vágást követő 24 óra elteltével), majd a 3., 5., 7. és 8. héten. Az érlelésre a mintákat úgy készítettük elő, hogy abból a marhából, amit 18 °C-on 2,5 óráig tároltunk (A minta), a vágást követően kivágták a hátszínt és a rostélyost. A hátszín egészben került be az érlelőbe, míg a rostélyost 5 egyenlő részre szeleteltük. A szeleteket a TUB-EX által gyártott Tublin 10 típusú szárazérlelő tasakba helyeztük, majd így került be a szárazérlelő helyiségbe. Ugyanezt a gyakorlatot hajtottuk végre annál a fél marhánál, ami a hasítást követően

azonnal hűtésre került (B minta). Az érlelő helyiségben 1-2 °C és 70%-os relatív páratartalom volt.

A tasak nem csupán védő csomagolóanyag, hanem az érlelési folyamatot elősegítő eszköz is, ami javítja a biztonságot, csökkenti a keletkező hulladékot. Azért a hátszint és a rostélyost választottuk, mert szakirodalmak alapján ezen húsrészek hasonlóképpen viselkednek az érlelés alatt.

A 8 hetes érlelési idő során az adott mintavételi napon a hagyományosan szárazérlelt minták eredményeit hasonlítottuk össze a tasakban szárazérlelt mintákkal.

Minták jelölése ebben a szakaszban:

- I. minta: 18 °C-on 2,5 óráig tárolt féltést, hagyományosan szárazérlelt = lassú hűtés
- II. minta: azonnal hűtésre került féltést, hagyományosan szárazérlelt = gyors hűtés
- III. minta: 18 °C-on 2,5 óráig tárolt féltést, szárazérlelt tasakban érlelt = lassú hűtés
- IV. minta: azonnal hűtésre került féltést, szárazérlelt tasakban = gyors hűtés

Csepegési veszteség meghatározása az érlelés során

A csepegési veszteség mérése során megmértük a minták kezdeti tömegét, majd az adott érési időt követően is tömegmérést végeztünk. Ezekből számoltuk ki a csepegési veszteségeket.

Színmérés az érlelés során

A színmérés során MINOLTA CR-400 típusú készüléket használtunk. A minták színének alakulását a készülék kijelzőjén megjelenő a^* , b^* és L^* értékek segítségével követtük nyomon.

A mintákhoz tartozó színpontok egymáshoz viszonyított geometriai távolságaiból a minták közötti színeltérés kiszámítható. A színingerkülönbséget a színtérben értelmezett „A” színpont és „R” etalon, vagy referencia mint vonatkoztatási színpont közötti térbeli geometriai távolsággal adjuk meg:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_A^* - L_R^*)^2 + (a_A^* - a_R^*)^2 + (b_A^* - b_R^*)^2}$$

Összcsíraszám meghatározása az érlelés során

Az összcsíraszám megadja a vizsgált anyag tömeg- vagy térfogat-egységében előforduló összes élő és fejlődőképes mezofil aerob és fakultatívan anaerob mikroorganizmusok számát. Az összcsíraszám mennyiségének feltérképezéséhez a mintákat nem külső felületről vettük, hanem a húsminták belsejéből, ezért anaerob-összcsíraszám vizsgálata történt. 9 ml desztillált vízzel töltött kémcsövekbe helyezük a kb. 1 g-os húsmintákat. Az így kapott mintából automata pipetta segítségével 0,1 ml-t desztillált vízbe pipetázunk. Ez 10^3 -szoros hígításnak felel meg.

Ahhoz, hogy elérjük a 10^5 -es hígítást, ugyanezt a folyamatot kell végigcsinálni. Mindkét hígítás 1-1 ml-ével lemezöntést végzünk, majd 37 °C-on 24 órában keresztül tároljuk. A kinőtt telepek számát megszámloljuk.

A szaporodási görbét a szaporodási sebesség változásával lehet jellemezni. Az exponenciális szakaszban a koncentráció logaritmusának változási sebessége állandó, és ez az adott körülmények között a legnagyobb. A folyamat analóg az elsőrendű, autokatalitikus reakcióban létrejövő anyagképződéssel. Erre a szakaszra az $X_t = X_0 e^{\mu(t-t_0)}$, illetve tízes alapú logaritmusra áttérve a $\lg X_t = \lg X_0 + \left(\frac{\mu}{2,303}\right) * (t - t_0)$ kapcsolat a jellemző.

A második összefüggés szerint a koncentráció logaritmus az idő függvényében a szaporodási együtthatóval arányos meredekségű egyenessel ábrázolható. A második összefüggésből, az X_0 , t_0 és X_t , t összetartozó értékek méréssel történő meghatározása után μ értéke kiszámítható. Ezen képletek felhasználásával végeztük a számításokat (ALLEN és WACLAW, 2019).

Érzékszervi bírálat az érlelés során

A húsokat 2 cm vastag szeletekre vágtuk, és medium well minőségűre süttöttük, ami azt jelenti, hogy 57-63 °C maghőmérséklet eléréséig. Ehhez a serpenyőt forróra melegítettük egy

kiskanál olajjal, majd a hússzeletek folyamatos forgatása mellett (kb. 8 perc) készre süttöttük. A forró serpenyő azért szükséges, hogy egy vékony kérget tudjunk létrehozni a hús felületén, a jobb érzékszervi tulajdonság elérése céljából. Annak érdekében, hogy a marhahús íze érezhető legyen, nem használtunk fűszereket.

Az elkészült steakeknek az érzékszervi bírálatát egy 20 főből álló bírálópanel végezte el, úgy, hogy nem tudták, melyik marhahús hogyan lett érlelve. 5 paraméter vizsgálatát végezték (porhanyósság, lédúság, íz, puhaság, összenyomás), ami a steakek elfogadásának legmeghatározóbb ismérvei. A tulajdonságokra 1-től 5-ig adhattak pontot, ahol 5 volt a maximum, vagyis ez volt a legjobb.

Alkalmazott statisztikai módszer

A varianciaanalízis (szórásnégyzet-elemzés) elvégzésével megállapítható két vagy három csoportosítási szempont (tágabb értelemben vett kezelés) hatása a mért adatokra. A csoportosítás szerint az adatokból átlagokat képezünk, és az átlagok eltérését vizsgáljuk az alapvető eltéréshez viszonyítva. A munkánk kiértékeléséhez három-tényezős varianciaanalízis elvégzése szükséges.

A három tényező, ami befolyásolhatja a kapott eredményeket: az előhűtési mód, időtartam (érlelési hetek), valamint az érlelési mód (hagyományos, szárazérlelt tasakban érlelt). A varianciaanalízissel kapott p-érték alapján megállapítható, hogy a mérések során kapott eredményeket mely tényezők együttes hatása vagy tényező befolyásolta.

A p-érték a szórásnak a maradék szóráshoz viszonyított F-értékéből számított valószínűségi értéke. Ha a p-érték 0,08 vagy ennél kisebb, akkor elmondható, hogy a mérésre kapott eredmény nem véletlenszerű, hanem az adott tényező befolyásolta.

A fentebb leírtak alapján csak azoknál a méréseknél tudtunk statisztikai elemzést végezni, ahol egynél több párhuzamos mérést végeztünk.



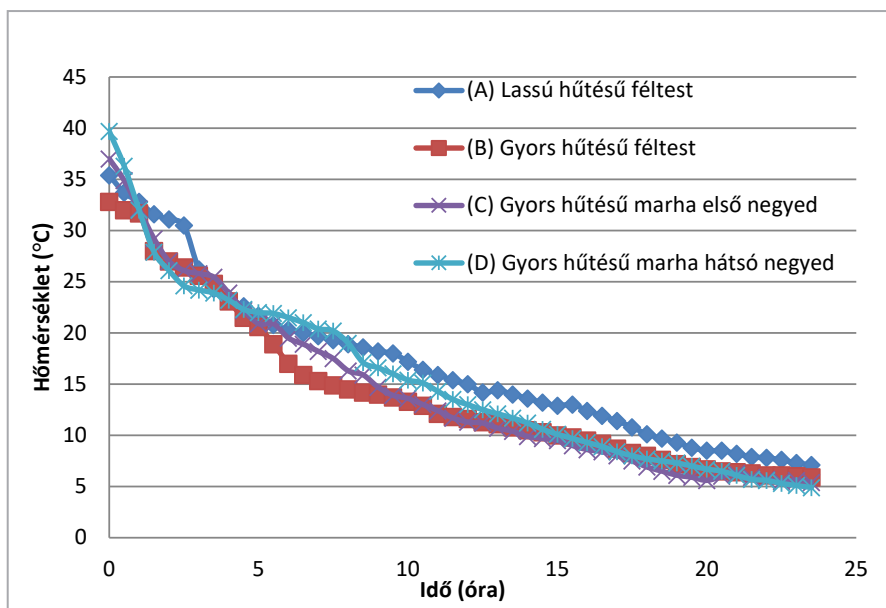
Eredmények és értékelés

A hőmérsékletmérés eredménye

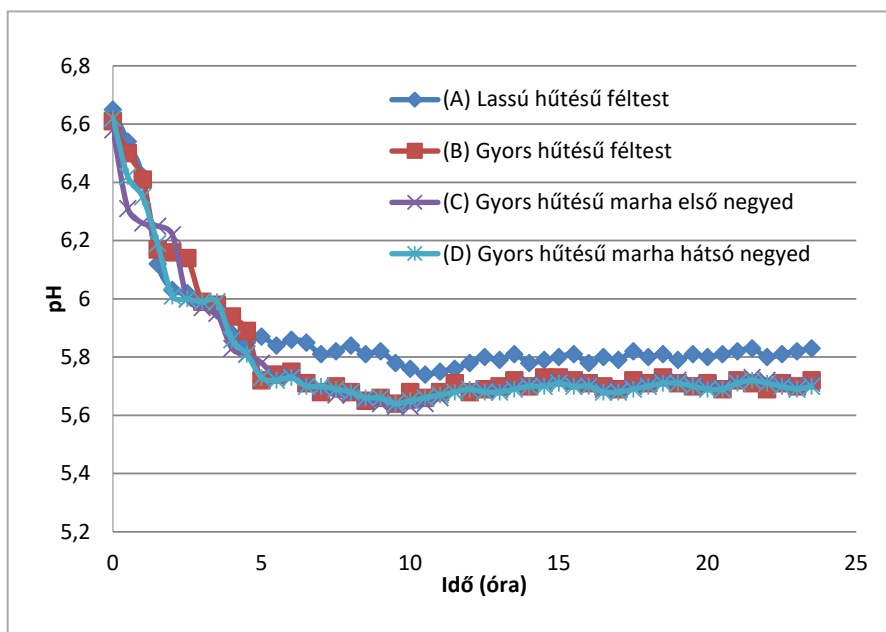
Az 1. ábrán látható, hogy a két negyed marhának a kezdeti hőmérséklete magasabb, mint a féltestké. A 18 °C-on 2,5 óráig tárolt félttest (A minta) hőmérséklete szemmel láthatóan kb. 2,5 órát követően zuhan egy nagyot, ekkor kerül hűtésre a test. Annak ellenére, hogy ugyanabba a hőmérsékletű helyiségbe kerül, mint a másik három minta, a véghőmérséklete ennek lett a legmagasabb. A gyorsan hűtött félttest esetében az látható, hogy 1,5 óra után kb. 6 óráig nagyobb mértékben csökken a hőmérséklete, mint az azt követő időszakban. A negyed marhák görbéit vizsgálva megállapítható, hogy hasonló görbe mentén, de nem teljesen egyformán hűltek le. A véghőmérséklet azonban a marha első negyedénél és a hátsó negyedénél közel azonos. Átfogóan nézve a vizsgálat eredményeit, elmondható, hogy a hűlési sebessége egy fél marhatestnek és egy negyed marhatestnek különböző, eltérő görbék mentén változik a hőmérsékletük. Ennek oka egyrészt, hogy a kisebb tömeg hamarabb hűl le, mint egy kétszer akkora tömegű hús, azonban látható, hogy nem arányos a tömeg és a hűlési sebesség a negyed és a fél marha között. A másik magyarázat az izomszövetben megváltozott biokémiai folyamat a negyed marha esetében, hiszen ez több vágást kapott a fél testhez képest.

A pH-mérés eredménye

Az érés során szénhidrátbomlás tapasztalható, amely pH-változást eredményez. Az exitust (halál) követően oxigénhiányos állapot alakul ki a keringés megszűnésének eredményeképpen. Ekkor az aerob glikolízist felváltja az anaerob glikolízis. A jelenség következtében megszűnik az anyagcsere végtermékek elszállítás. Ennek eredményeképpen erőteljes tejsavfelparodás jön létre, melynek következtében az izomszövet pH-ja a savas irányba tolódik (HOLLOWAY és WU, 2019). A 2. ábrán látható, hogy mind a négy



1. ábra: A marhahús hőmérsékletváltozása az idő függvényében a különböző módon hűtött fél és negyed testek esetében



2. ábra: A marhahús pH-jának változása az idő függvényében a különböző módon hűtött fél és negyed testek esetében

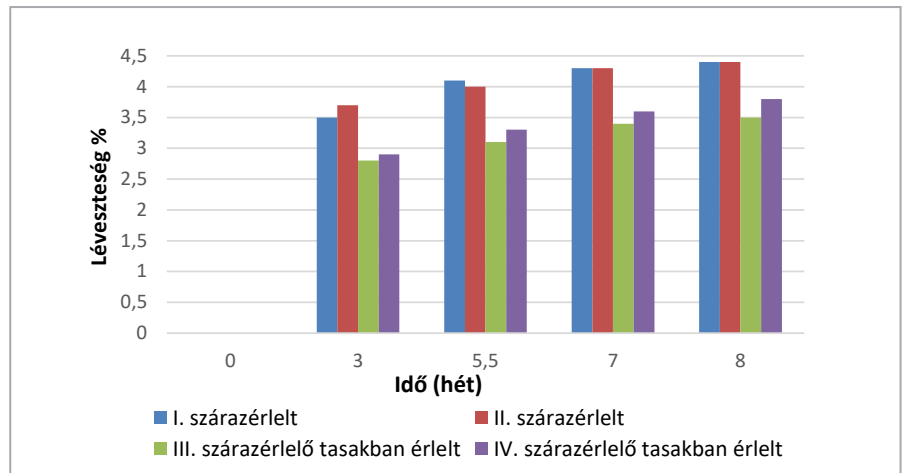
minta esetében hasonló (pH=6,6) volt a kiindulási pH-érték. A rigor mortis eléréséig (kb. 5-6 óra) hasonló a különbözőképpen kezelt minták lefutási görbéje. Ettől a szakasztól a lassan hűtött félttest eltérő értékeket vett fel, mint a gyorsan hűtött minta. 24 órával a vágás után is magasabb pH-értékeket mutat. Ez a tény azzal magyarázható, hogy a hirtelen hőmérséklet-csökkenésnek köszönhetően a tejsav keletkezése jobban gátolva volt, tehát a savas eltolódás kisebb mértékű, mint a lassan hűtött minták esetében. A 2. ábráról

megfigyelve az összes minta pH-értékeinek csökkenését az a tény állapítható meg, hogy a rendszerben nem megfelelő mennyiségben volt jelen a kreatin foszfát és az ATP mennyisége, tehát ennek következtében viszonylag gyors pH-csökkenést tapasztalhattunk. Összességében megállapítható, hogy a vágást követő 24 órában a pH-értékek alakulását nem befolyásolta az, hogy félttestként vagy negyedben hűtjük a marhát. Ami különbséget mutatnak az eredményeink, azok a hűtési módokban jelennek meg. Az a minta, melyet

18 °C-on tároltuk a vágást követően 2,5 óráig, a rigor mortis követően végig magasabb értékeket vett fel az egyből hűtésre került mintákhoz képest.

A redoxpotenciál-mérés eredménye

A redoxpotenciál egy olyan paraméter, amely a húsok/húskészítmények mikrobiális stabilitásának mutatójaként használható, de összefüggésben lehet az érzékelt minőséggel is. Valójában nem az oxigén (levegő) jelenléte vagy hiánya, hanem a közeg redoxpotenciálja gyakorol közvetlen hatást a mikrobacejtekre, ezért az élelmiszerek oxidációs-redukciós viszonyait a redoxpotenciállal lehet kifejezni. Az élelmiszer redoxpotenciálját elsődlegesen az oxidált és redukált vegyületek koncentrációja határozza meg, ezek arányát azonban befolyásolja, hogy a levegő milyen mértékben járja át a terméket, továbbá mekkora annak redoxfékező kapacitása, vagyis ellenállása a redoxpotenciál változásával szemben. Az elhalt sejtek membránjai permeábilisabbá válnak, a sejtekből tápanyagok jutnak ki. (DEÁK et. al., 2006) Szöveti enzimes lebontó folyamatok indulnak meg, amelyek a hús érése folyamán növelik a redoxpotenciált és ezzel az aerob mikrobás tevékenységet. Vágást követően az izomszövet oxigénellátása megszűnik, és a rendszer re-



4. ábra: A különböző marhahúsminták csepegési veszteségének változása az érlelés során

doxpotenciálja gyors ütemben tolik el a redukció irányába. A szöveti redukáló enzimek működéséhez megfelelő időtartam és hőmérséklet szükséges. Elvben 37 °C az optimális hőmérséklet, azonban gyakorlatban nem opcionális ez a paraméter, főleg mikrobiológiai okok miatt.

A 3. ábrán látható, hogy a gyors hűtésű fél test kezdeti redoxpotenciálja volt a legmagasabb, kb. 83 mV. A másik három minta közel azonos, kb. 76 mV-nyi redoxpotenciálról indult. Látható az is, hogy kb. 5-7 óráig a redoxpotenciál-értékek folyamatosan csökkennek minden esetben. A csökkenések között sebességbeli különbség van. A vizsgált 24 órában a lassan hűtött fél test redoxpotenciál-értéke végig alacsonyabb volt, mint a gyorsan hűtött marha-

húsok esetében. Látható még, hogy a lassan hűtött fél test 7 óránál éri el a minimum értéket, a gyorsan hűtött fél test 5 óránál, míg a negyed testek kb. 5,5 óránál.

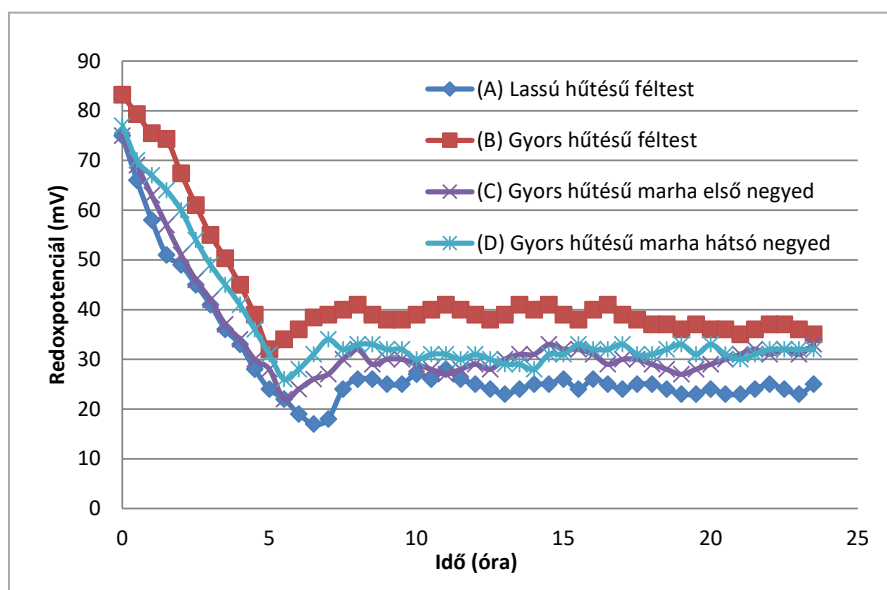
Valószínű, hogy a mintáknál itt állt be a hullamerevség. Ebből az a következtetés vonható le, hogy a redoxpotenciál értékeire hatással van az, hogy milyen sebességgel hűtjük a testet, amely a biokémiai folyamatokat befolyásolja a húsban, és ez a hullamerevség kialakulására van hatással.

Mindezekon felül hatást fejt ki az a gyakorlat is, hogy fél testként vagy negyed testként hűtjük a marhahúst, hiszen látható az ábrán, hogy a gyorsan hűtött fél test és a gyorsan hűtött negyed testek között különbség van, a negyed testek redoxpotenciálja alacsonyabb értékeket vesz fel. A hullamerevség beállása után minden mintánál viszonylag állandó redoxpotenciál-érték áll be.

A kapott eredmények kiértékelésének további szakaszában már a hagyományos szárazérlelés és a szárazérlelő tasakban érlelt minták esetében kapott eredmények bemutatásán és értékelésén lesz a hangsúly, a 8 hetes érlelési idő előrehaladtával.

Csepegési veszteség alakulása az érlelés során

A 4. ábrán jól látszik, hogy a hagyományosan szárazérlelt húsok esetében jelentősebb volt a lévesztés, mint a szárazérlelő tasakban érlelt mintáké. Megfigyelhető még az is, hogy az idő



3. ábra: A marhahús redoxpotenciáljának változása az idő függvényében a különböző módon hűtött fél és negyed testek esetében



előrehaladtával az előző mintavételhez képest egyre kisebb a léveszteség, ami az érés előrehaladottságát is jelezheti. Azonban, ha azt nézzük, hogy a 3. hét-höz képest mekkora volt a százalékos léveszteség-növekedés, elmondható, hogy arányaiban hasonló mértékű. A hagyományosan érlelt minták esetében 0,9%, míg a tasakban szárazérlelt mintáknál 0,8% körüli volt a 8. héten a csökkenés a 3. hetihez képest. Tehát elmondható, hogy a legtöbb nedvességet az első 3 hétben veszítik a minták, és ez lényegesen magasabb volt a hagyományosan érlelt minták esetében. Az itt észlelhető léveszteség az érlelés során mindegyik mintánál arányosan változik. Annak köszönhető ez a jelentős különbség a kétféle típusú szárazérlelési mód között, hogy a hagyományosan érlelt minták közvetlenül a levegővel érintkeztek, és az adott légsebességnek köszönhetően gyorsabb és nagyobb volt a vízelvonás a mintákból. Ez gazdasági oldalról nézve kedvezőtlenebb, mint a kisebb léveszteség, melyet a tasakban szárazérlelt mintáknál tapasztaltam. Hasonló eredményt kaptak Ahnström és munkatársai is (AHNSTRÖM et al., 2006).

A színváltozás alakulása az érlelés során

A színingerkülönbség vizsgálatánál arra a kérdésre keressük a választ, hogy milyen kapcsolat van a vizuális érzékelés és a ΔE_{ab}^* értéke között. Ehhez azt szükséges elemezni, hogy milyen értékhatárokon belül mozog két színpont között számított színingerkülönbség, ha szemünkkel különbséget nem érzékelünk közöttük. Kétségteljesen a felület tulajdonságai befolyásolhatják az értékhatárt, melyet színpontokkal jellemzünk, tehát általános szabály felállítására nem lehetséges.

Az 1. táblázatba foglalt toleranciahatárokat alkalmazzák a leggyakrabban a vizuális érzékelés és a színkülönbség kapcsolatának felállítására (WITZEL et al., 1973). Mi is az 1. táblázatban foglalt adatok segítségével végeztük el a mintákra vonatkoztatott színingerkülönbség értékelését a kapott a^* , b^* és L^* eredmények alapján.

ΔE_{ab}^*	Szemmel érzékelhető eltérés
$\Delta E_{ab}^* \leq 0,5$	Nem érzékelhető
$0,5 < \Delta E_{ab}^* \leq 1,5$	Alig észrevehető
$1,5 < \Delta E_{ab}^* \leq 3,0$	Észrevehető
$3,0 < \Delta E_{ab}^* \leq 6,0$	Jól látható
$6,0 < \Delta E_{ab}^*$	Nagy

1. táblázat: Az emberi szemmel érzékelhető színkülönbségek

Az 5. ábrán jól látszik, hogy az érés előrehaladottságával a ΔE^* értékei növekvő tendenciát mutatnak. A változás főként az érlelési idő 7. hetéig számottevő, a 8. héten már csak minimális a 7. hét-höz képest. A színváltozás a 3. héten már mindegyik mintánál szemmel láthatóan tapasztalható. A gyorsan hűtött, szárazérlelt tasakban érlelt minták esetében már a 3. héten abba az értékelési kategóriába esett, mely szerint a szemmel érzékelhető eltérés nagy. Ez az érlelési idő végéig igaz a mintára, csak fokozódik a szemmel láthatóság mértéke. Összességében elmondható, hogy minél előrehaladottabb a hús érettségi állapota, annál nagyobbak a ΔE^* -értékek, tehát vizuálisan nagy az érzékelhető különbség mind az előtte lévő mintavételi eredményhez képest, mind pedig a kiindulási mintának az eredményéhez képest.

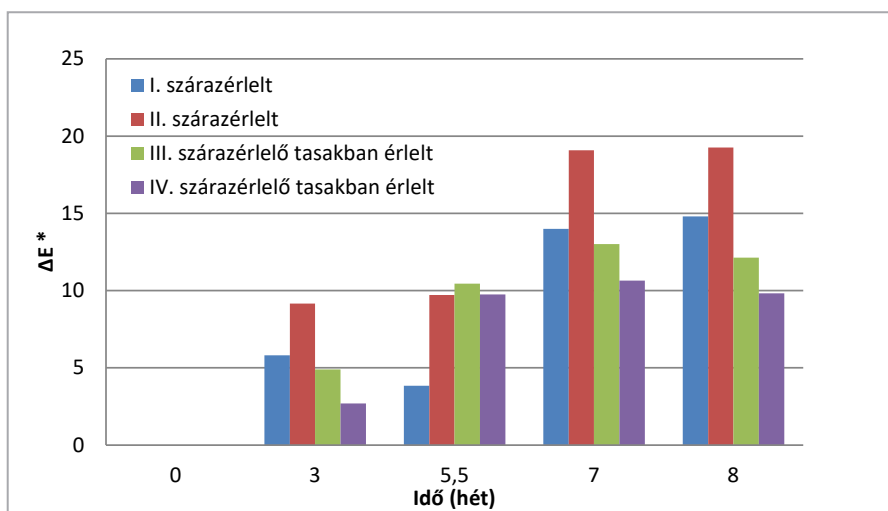
Az ΔE^* -ra elvégzett statisztikai elemzés során a következő eredményt kaptuk: $p = 0,000468$ az érlelési módra, $p = 0,00532$ az érlelési mód és az érlelési idő együttes hatására. Ezek alapján elmondható, hogy az érlelési módnak

és az érlelési időnek volt döntő szerepe a színkülönbségekre kapott eredmények kialakulásában.

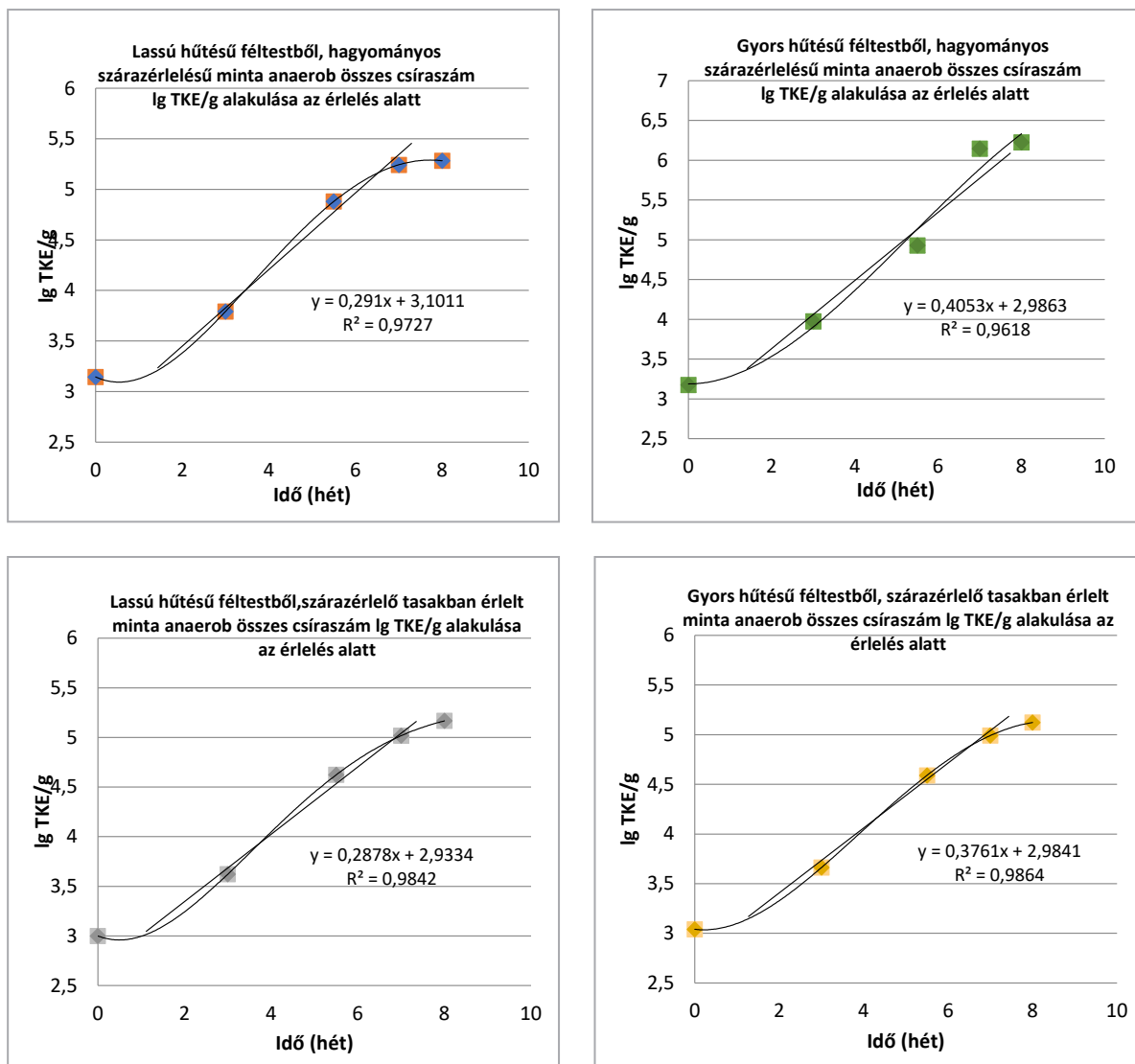
A mikrobiológiai állapot változása az érlelés során

A négy különböző minta szaporodási görbéit ábrázoló 6. ábrán látható, hogy a különböző szakaszokban változó a szaporodási sebesség. Adott körülmények között a szaporodási sebesség az exponenciális szakaszban éri el a legnagyobb és állandó értéket. Az exponenciális szaporodást leíró összefüggés csak erre a szakaszra érvényes. Az egyenlet féllogaritmikus skálán egyenes vonalat ad, amelynek hajlásszöge arányos a szaporodási sebességgel.

A 6. ábráról leolvasható, hogy a marhahús esetében – mely durva rostozatú – 1-1,5 hét kellet ahhoz, hogy a mikrobák enzimeszere hozzászokjon a szubsztráthoz (marhahúshoz). Ebben a környezethez való alkalmazkodási időszakban a mikroorganizmusok lappangó fázisban vannak, tehát szaporodásuk még nem indult meg, vagy lassú. Ezt követően vált lehetségessé a mikrobáknak, hogy a sejtfalat megbontsák. Ennek következményeképpen tudtak a szaporodáshoz, majd az ezt követő növekedéshez szükséges anyagokhoz jutni. Az anyagcsere-folyamatok felgyorsulásának köszönhetően a mikroorganizmusok gyorsuló fázisba kerülnek, azaz itt szaporodnak a leggyorsabban a mikrobák. Megfigyelhető, hogy közel azonos volt (103 TKE/g) a



5. ábra: A különböző marhahúsminták színkülönbségének változása (ΔE^*) az érés során



6. ábra: A különböző módon érlelt minták anaerob összes csíraszám lg TKE/g alakulása az érlelés alatt

kezdeti csíraszám a minták esetében. Megállapítható a 6. diagramról, hogy az érlelés végére a hagyományosan érlelt minták összcsíraszámuk nagyobb, mint az érlelőtasakban érlelt mintáké. Látható, hogy a lassú hűtésű, hagyományosan szárazérlelt minta esetében az egyenes meredeksége nagyobb, ami azt jelenti, hogy itt hirtelen felszaporodnak a mikroorganizmusok.

A legnagyobb összcsíraszám a gyors hűtésű fél testből származó, hagyományosan érlelt minta esetében volt tapasztalható. A kritikus 10^6 TKE/g csíraszámot, amikor már mikrobiológiailag nem megfelelő a hús, egyedül a gyors hűtésű fél testből származó, hagyományosan szárazérlelt minta érte el. Ennek ellenére ezen minta esetében sem lépett még fel kellemetlen, érzékszervileg tapasztalható változás. A másik három minta összcsíraszámuk 10^5 - 10^6

TKE/g érték alatt tudott maradni. Magyarázat lehet a beállított légssebesség. Szellőzés hatására a hús felszínén létrejön egy száraz védőréteg, ami véd a mikrobiális eredetű szennyeződéstől.

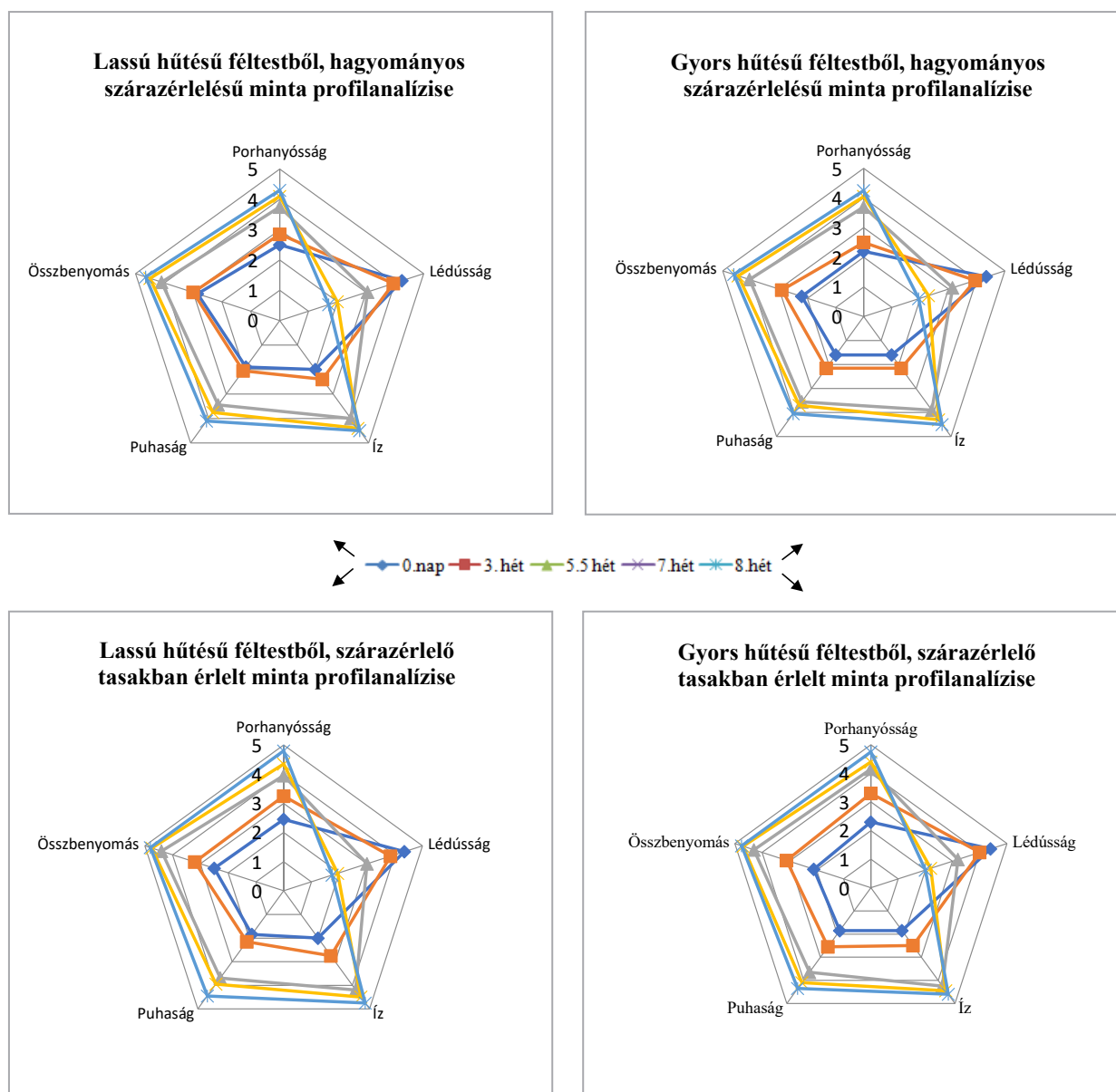
Az érzékszervi tulajdonságok változása az érlelés során

A 7. ábrán látható, hogy a különböző módon érlelt minták érzékszervi tulajdonságainak bírálata során kapott profilanálízis eltérő. Azonban, ha az azonos módon érlelt mintáknak a profilanálízisét vetjük össze, akkor látható, hogy a különbség minimális. A hagyományosan szárazérlelt mintáknál a legnagyobb eltérés a lédúságra kapott eredménynél figyelhető meg, míg a szárazérlelő tasakban érlelt mintáknál főként az íz és a puhaság adta különbség észlelhető. Látható még,

hogy fogyasztói oldalról az egyik legfontosabb tulajdonság, a porhanyósság a 8. héthez érve az általam felállított pontozási rendszerben maximumhoz közelít a szárazérlelő tasakban érlelt minták esetében.

Az érzékszervi bírálatok eredményei alapján elmondható, hogy a hétről-hétre jobb eredmények elérésével az érlelés mind a négy esetben követhető. Valamint az is, hogy az érlelési idő sarkalatos pontja az 5,5. hét, hiszen addig drasztikus a változás a vizsgált tulajdonságokban.

Az 5,5. héttől kezdődően az érési állapot előrehaladottságával egyre kisebb eltérések figyelhetők meg az adott tulajdonságokban az előző héthez képest. Megállapítható az a tény, hogy a 0. napon pozitívabb elbírálást kaptak a lassan hűtött fél testekből kivágott minták jobbak, mint az azonos módon



7. ábra: Lassú és a gyors hűtésű fél testből hagyományos szárazérleléssel, valamint a lassú és a gyors hűtésű fél testből szárazérlelő tasakban érlelt minták profilanalízise

érlelt gyorsan hűtött minták. Azonban a lassan hűtött, hagyományosan érlelt minta érzékszervi elfogadottsága nem üti meg a gyorsan hűtött tasakban szárazérlelt minta szintjét. Ezek alapján elmondható, hogy érlelési idő alatt kapott érzékszervi eredmények alapján a tasakban szárazérlelt minták kedveltebbek a hagyományosan szárazérlelt társaikhoz képest.

Összességében az érlelés módjának nagyobb hatása volt a húsok érzékszervi tulajdonságaira, mint annak, hogy érlelés előtt milyen módon lettek hűtve a minták. A végeredmény azonban a hűtés és az érlelési mód szinergens hatásának köszönhető.

Következtetés

A különböző marhavágóhidakon eltérő a gyakorlat a levágott marhatestek hűtését illetően több szempontból is. Vannak helyek, ahol negyed testként történik a hűtés, míg a másik bevált módszer, amikor fél testként hűtik. További eltérés az előhűtési módban van, ekkor a hűtési sebesség megválasztása eltérő.

Itt történhet gyorsan vagy lassan a negyed, ill. a fél test lehűtése. Ezek az eltérések nem biztosítanak állandó húsminőséget. Ez problémát okozhat technológiai és kereskedelmi oldalról egyaránt. Erre vonatkozóan kevés információ található, így ezen terület

fejlesztésére további vizsgálatok javasoltak.

A szárazérlelés egy olyan folyamat, amelynek során egy karakteres ízű, állományú, hozzáadott értékű marhahús állítható elő. Az érlelés ezen módja azonban költséges próbálkozás. Ehhez a folyamathoz magasabb minőségű, márványozott marhahús szükséges. Van azonban egy piaci rése az igényes fogyasztóknak, akik hajlandóak fizetni ezért a prémium termékért. Másrészt nem sok hozzáférhető információ áll rendelkezésre az érlelési paraméterek és a mikrobiológiai állapot közötti kölcsönhatásról a szárazon érlelt marhahús minőségére és ennek következtében a marhahús ízére vonatkozóan.

Tekintettel a szárazon érlelt marhahús-termékek iránti kereslet jelentős növekedésére, az erre a feldolgozásra irányuló tanulmányokat bővíteni szükséges.

Irodalomjegyzék

1. AHNSTRÖM, M. L., SEYFERT, M., HUNT, M. C., JOHNSON, D. E. (2006): Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour. *Meat Science*, 73 (4): 674-679. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.03.006>
2. ALLEN, R. J., WACLAW, B. (2019): Bacterial growth: a statistical physicist's guide. Reports on progress in physics. *Physical Society (Great Britain)*, 82 (1): 016601. <https://doi.org/10.1088/1361-6633/aae546>
3. ÁLVAREZ, C., MORÁN, L., KEENAN, D. F., MULLEN, A. M., DELGADO-PANDO, G. (2019): Mechanical and Biochemical Methods for Rigor Measurement: Relationship with Eating Quality. *Journal of Food Quality*, 2019: e1894543. <https://doi.org/10.1155/2019/1894543>
4. BRADEN, K. W. (2013): Converting Muscle to Meat: The Physiology of Rigor. pp. 79-97. *The Science of Meat Quality* John Wiley & Sons, Ltd.
5. CHÉRET, R., DELBARRE-LADRAT, C., LAMBALLERIE-ANTON, M., DE VERREZ-BAGNIS, V. (2007): Calpain and cathepsin activities in post mortem fish and meat muscles. *Food Chemistry*, 101 (4): 1474-1479. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.023>
6. DEÁK T., KISKÓ G., MARÁZ A., MOHÁCSI-NÉ F. CS. (2006): *Élelmiszer-mikrobiológia*. Mezőgazda Kiadó
7. ENGLAND, E. M., MATARNEH, S. K., OLIVER, E. M., APAOBLAZA, A., SCHEFFLER, T. L., SHI, H., GERRARD, D. E. (2016): Excess glycogen does not resolve high ultimate pH of oxidative muscle. *Meat Science*, 114: 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.10.010>
8. HOLLOWAY, J. W., WU, J. (2019): Tenderness Intrinsic Character. pp. 39-141. In: Holloway, J.W., Wu, J. (eds): *Red Meat Science and Production: Volume 2. Intrinsic Meat Character*. Springer, Singapore.
9. KEMP, C. M., PARR, T. (2012): Advances in apoptotic mediated proteolysis in meat tenderisation. *Meat Science*, 92 (3): 252-259. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.013>
10. KEMP, C. M., SENSKY, P. L., BARDSLEY, R. G., BUTTERY, P. J., PARR, T. (2010): Tenderness – An enzymatic view. *Meat Science*, 84 (2): 248-256. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.06.008>
11. KIM, Y. H. B., WARNER, R. D., ROSENVOLD, K. (2014): Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: a review. *Animal Production Science*, 54 (4): 375-395. <https://doi.org/10.1071/AN13329>
12. KOOHMARAIE, M., GEESINK, G. H. (2006): Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74 (1): 34-43. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.025>
13. LANA, A., ZOLLA, L. (2016): Proteolysis in meat tenderization from the point of view of each single protein: A proteomic perspective. *Journal of Proteomics*, 147: 85-97. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2016.02.011>
14. LIAN, T., WANG, L., LIU, Y. (2013): A New Insight into the Role of Calpains in Post-mortem Meat Tenderization in Domestic Animals: A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26 (3): 443-454. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12365>
15. LOMIWES, D., FAROUK, M. M., WU, G., YOUNG, O. A. (2014): The development of meat tenderness is likely to be compartmentalised by ultimate pH. *Meat Science*, 96 (1): 646-651. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.08.022>
16. MATARNEH, S. K., ENGLAND, E. M., SCHEFFLER, T. L., GERRARD, D. E. (2017): Chapter 5 – The Conversion of Muscle to Meat. pp. 159-185. In: Toldrá, F. (ed): *Lawrie's Meat Science (Eighth Edition)*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Woodhead Publishing.
17. SAVELL, J. W., MUELLER, S. L., BAIRD, B. E. (2005): The chilling of carcasses. *Meat Science*, 70 (3): 449-459. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.06.027>
18. STARKEY, COLIN. P., GEESINK, GEERT. H., COLLINS, D., HUTTON ODDY, V., HOPKINS, D. L. (2016): Do sarcomere length, collagen content, pH, intramuscular fat and desmin degradation explain variation in the tenderness of three ovine muscles? *Meat Science*, 113: 51-58. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.11.013>
19. STENSTRÖM, H., LI, X., HUNT, M. C., LUNDSTRÖM, K. (2014): Consumer preference and effect of correct or misleading information after ageing beef longissimus muscle using vacuum, dry ageing, or a dry ageing bag. *Meat Science*, 96 (2, Part A): 661-666. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.022>
20. TOLDRÁ, F. (2010): *Handbook of Meat Processing*. pp. 582. John Wiley & Sons.
21. WITZEL, R. F., BURNHAM, R. W., ONLEY, J. W. (1973): Threshold and suprathreshold perceptual color differences. *JOSA*, 63 (5): 615-625. <https://doi.org/10.1364/JOSA.63.000615>
22. ZHANG, Y., MAO, Y., LI, K., LUO, X., HOPKINS, D. L. (2019): Effect of Carcass Chilling on the Palatability Traits and Safety of Fresh Red Meat. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18 (6): 1676-1704. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12497>

Effect of pre-cooling and aging methods on beef quality characteristics

Abstract

In order to produce and use high-quality beef raw material, first post-slaughter pre-treatment methods were examined and then the effect of the two different dry-aging technologies on the meat quality over an 8-week time interval. During the pre-cooling examination, the following parameters were measured on 4 different samples (2 half carcasses, forequarter, hindquarter): temperature, pH, redox potential. In the subsequent 8-week aging period, the following measurements were performed on the samples excised from the fast and slow-cooled half-bodies: color measurement, drip loss, microbiological condition, and organoleptic characteristics. It has been found that the cooling rate is affected whether cooling is done as by a quarter or a half body. The pH and redox potential values were only affected by the pre-cooling rate. The quality of the meat is better if the samples are cooled slowly after slaughter. The comparative test results between the two types of dry-aging technologies show that a better quality product can be produced when using the dry-aging bag.

Keywords: beef raw material, first post-slaughter pre-treatment methods, dry-aging technologies