



DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

A marhahús érésének vizsgálata, az érlelési technológia fejlesztése

**Készítette:
Vén Csilla**

**Témavezető:
Dr. Balla Csaba egyetemi docens**

**Készült a Budapesti Corvinus Egyetem
Élelmiszertudományi Karának
Hűtő- és Állattermék Technológiai Tanszékén**

Budapest, 2010

A doktori iskola

megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

tudományága: Élelmiszertudományok

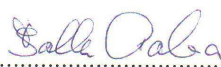
vezetője: Dr. Fodor Péter
egyetemi tanár, DSc
Budapesti Corvinus Egyetem
Élelmiszertudományi Kar,
Alkalmazott Kémia Tanszék

Témavezető: Dr. Balla Csaba
egyetemi docens, PhD
Budapesti Corvinus Egyetem
Élelmiszertudományi Kar,
Hűtő- és Állatitermék Technológiai Tanszék

A doktori iskola- és a témavezetők jóváhagyó aláírása:

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, azért az értekezés nyilvános vitára bocsátható.


.....
Az iskolavezető jóváhagyása


.....
A témavezető jóváhagyása

Bevezetés

Az emberi szervezet sejtjeinek felépítéséhez, normális működéséhez elengedhetetlenül szükséges a megfelelő mennyiségű illetve minőségű fehérjebevitel. Ennek hiányában a szervezet nem képes védekezésre a külső, káros hatásokkal szemben, az immunrendszer meggyengül, fogékonyá válik a különböző betegségekre. A hús az egyik legfontosabb teljes értékű, jól hasznosuló fehérjeforrásunk, tartalmazza az összes esszenciális aminosavat, amelyek szükségesek a szervezet normális működéséhez.

Magyarországon az elmúlt négy évtized során folyamatosan mérséklődött a húsfogyasztás, különösen a vörös húsoké. Ennek egyik oka a vörös húsok - gyakran elhangzó - negatív táplálkozásélettani megítélése, illetve az előző években Nyugat-Európán végigsöprő, az állatállományban fellépő tömeges megbetegedések, mint a száj- és körömfájás és a BSE megjelenése, melynek élelmiszerbiztonsági megítélése szerte Európában, így hazánkban is negatívan érintette a marhahúsfogyasztást.

Negatív hatással bír, hogy gasztronómiailag a marhahús elkészítése háziasszonyok számára komolyabb kihívást jelent a sertés - és baromfihúsokhoz képest, és időigényesebb is (SZENTE, SZIGETI, SZAKÁLY 2009). A marhahús elkészítésénél a steak húsok sütési technikája - a magyar fogyasztók körében - hiányos, leggyakrabban pörköltféléket készítünk belőle. Marhahús esetében a porhanyósság az egyik legfontosabb, a fogyasztói megítélésben szerepet játszó minőségi tényező, amely nemcsak az állat korából adódik, hanem érettségi állapotából is. A fogyasztó sok esetben az állat korának tulajdonítja a hosszabb elkészítési időt, míg ez valójában többnyire a hús érettségi állapotától függ.

Az érlelés a vágott testek lehűtéséhez szükséges időt meghaladó tárolást jelent, amely a protoelitikus enzimhatás kiterjedését szolgálja. A marhahús porhanyósodása a vágás után bekövetkező rigor mortis feloldódásával indul meg, ez a folyamat akár több hétre is tehető. A folyamat nehezen kontrollálható, nagyban meghatározza, a szöveti összetétel, takarmányozás, fajta, valamint a vágás előtti és utáni hatások, a lehűtés sebessége is (SÖRHEIM et al. 2001). Bár a hazai piacon egyre gyakrabban jelenik meg az érlelt marhahús, az érlelési technológiát a magyar gyakorlatban még nem igazán alkalmazzák. A régi marhavágási technológiában ismert eljárás volt, hogy a béltraktus eltávolítása után a testet függesztve érlelték környezeti hőmérsékleten (akár +20 - 22 °C) 1-2 napig a gyorsabb érés érdekében. Ma az élelmiszerbiztonsági szabályok szigorúan szabályozzák a vágás utáni hűtési feltételeket és sem a háztartásokban, sem a gasztronómiai egységekben nem jellemző a hosszú idejű húsérlelés (hozzáértés, hely- és hűtőkapacitás hiány).

A hazai ínyencek között egyre inkább elterjed a steak sütés gyakorlata, nyáron a kerti grillezések különleges fogásaként szerepel a steak, és az utóbbi időben a hazai piacon is keresetté vált az érlelt,

porhanyós marhahús, az import (argentin, ír), érlelt marhahúsrészek már megtalálhatók, azonban a magas piaci ár korlátozza e húsféleség gyors elterjedését.

A külföldi érlelési gyakorlat alapján megkülönböztetünk száraz és nedves érlelési eljárást. A száraz eljárás során a féltestek csomagolás nélkül, függesztve kerülnek érlelésre. A hosszú idő alatt azonban a marhahús elveszti eredeti élénkpiros színét, felülete kiszárad és a mikrobiológiai romlás esélye is nagy. A nedves érlelés a húsrészek csomagolt érlelését jelenti. A csomagolás előnyeit kihasználva a kálóvesztés is kevesebb illetve a mikrobiológiai felülfertőződés kockázata is kisebb.

Dolgozatom céljával tűztem ki ezek alapján, hogy feltérképezsem a marhahús érése során végbemenő, bonyolult fizikai és kémiai, biokémiai folyamatok hatását, valamint, egy olyan a hazai üzemek által is alkalmazható érlelési technológiát dolgozzak ki, mely egyszerűbbé és gyorsabbá teszi az érlelt marhahús előállítását.

Célkitűzés

A dolgozatom céljával tűztem ki ezek alapján, hogy feltérképezsem a marhahús érése során végbemenő, fizikai, kémiai és biokémiai folyamatokat.

A fentiek ismeretében célom volt megvizsgálni:

- Milyen hatást gyakorol az előhűtés után alkalmazott 0 - 1°C - os illetve + 5°C - os érlelési hőmérséklet a marhahátszín fizikai, kémiai és mikrobiológiai állapotára, fehérjeszerkezetére, valamint az érzékszervi bírálattal követhető - e a húsérés, porhanyósodás folyamata.
- Milyen eltérések tapasztalhatóak a marhahátszín 0 - 1°C - os illetve + 5°C - os érlelése során a fizikai, kémiai, érzékszervi, mikrobiológiai tulajdonságaiban illetve fehérjeszerkezetében és membránpermeabilitásában.
- Az SDS - PAGE gélelektroforézis módszer alkalmas - e a marha hátszín érési fázisainak nyomonkövetésére, mely fehérjemolekulák válnak láthatóvá az elektroforetikus módszer alkalmazásával.
- Gyorsítható-e az érés folyamata aktív ultrahang alkalmazásával, illetve az ultrahangos kezelés milyen hatást gyakorol, az állományra a fehérjeszerkezetre illetve a membránpermeabilitásra.

Anyag és módszer

A marhahús érési folyamatainak feltérképezéséhez a kísérletsorozatok alapanyagául marha hátszín választottam, a hátszín alkalmas a steak sütésre, és viszonylag homogén alapanyag. Az érlelési kísérletben felhasznált marhahús mintákat közvetlenül a daraboló üzemből, a vágás után 24 óra elteltével szereztem be

A negyedtestek, illetve a szarvasmarhák, egy azon magyarországi élőállat telepről származó, azonos takarmányozási és nevelési feltételek mellett tartott Magyartarka fajtájú fiatal bikák voltak. Koruk 14-26 hónap közötti volt. Az üzemben megtörtént a hátsó negyedtestek darabolása és csontozása. Kicsontozott marha hátszín mintákat kb. 40 cm hosszúságúra vágva, egyedileg vákuumtasakba csomagoltam. A minták tömege eltérő volt, 2600-4300 g között változott.

Az érlelési kísérlet

A marhahús érés vizsgálata

Az érés alatt bekövetkező változások vizsgálatára az első kísérletsorozat összeállításánál figyelembe vettem, hogy a mikrobiológiailag biztonságos termék előállításához, alacsony hőmérséklet alkalmazása szükséges. A mintákat 27 napra 0 - 1 °C közötti hőmérsékletű hűtőtérbe helyeztem. Mivel a hőmérséklet emelésével aktiválódnak a porhanyósságot elősegítő enzimek, így az érlelési kísérletet + 5 °C - os hűtőtérben is elvégeztem. A hőmérsékletingadozást a hűtőtérben speciális, hőmérsékletszenzorral ellátott RFID tag segítségével végeztem. A hőmérsékletingadozás az érlelési kísérletek során 0 - 1 °C volt. Az egy napon vizsgált minták párhuzamosainak száma három volt.

Az érés során a következő vizsgálatokat végeztem:

- pH
- Szín
- Állomány (TPA, WB)
- Érzékszervi minőség
- Mikrobiológiai állapot
- Csepegési léveszteség
- Fehérjeszerkezet változás (PAGE-ELFO)
- Fehérjeszerkezet változás (DSC)
- Ionkiáramlás változásait.

A minták csomagolása 70 µm vastagágú EVOH fólia volt.

A minták kezelése aktív ultrahanggal

A 2 cm vastag hátszín mintákat egyedileg vákuumtasakba csomagoltam, majd 8 °C - os vízzel töltött ultrahangos kezelőtérbe helyeztem. Egy- egy szelet minta tömege 160 - 180g között változott. A minták kezelését Active Ultrasound Laboratory típusú (400W/20kHz), nagy intenzitású ultrahangos mechanikai rendszer segítségével végeztem (13. ábra).

Az ultrahangsugárzó fej cserélhető, a kezelések során a legnagyobb (5 cm) átmérőjű feltétet használtam. A kezelés során 20 kHz frekvenciájú, 3 W/cm² intenzitású ultrahanggal kezeltem a marhahúsmintákat 60, illetve 90 percig.

Ezek után 0 - 1 °C - os és + 5 °C - os hűtőtérbe helyeztem a mintákat. Az érlelési kísérlet alatt vizsgáltam a minták:

- Állomány változását (TPA, WB)
- Fehérjeszerkezet változását (PAGE-ELFO)
- Szerkezet változás (DSC)
- Ionkiáramlás változásait.

Alkalmazott vizsgálati módszerek

A nyers húsminták pH-értékének meghatározása

A pH érték elektrokémiai meghatározása az oldatba merülő két elektród (referencia és mérő) közötti feszültségkülönbségen alapul. A referencia elektród (általában telített kalomer) feszültsége független a vizsgált minta pH -jától, a mérő (indikátor) elektród feszültsége, pedig arányos a minta H⁺ koncentrációjával. A pH mérő készülékek a kalomel és az üvegelektrod közötti feszültségkülönbség hatására keletkező áram erősségét mérik, a két elektródot a kombinált üveg elektródban egy testbe építik be, így a méréshez csak egy elektródot kell használni.

Színmérés

Az érlelés során a minták felületén bekövetkezett színváltozások vizsgálatára Minolta CR-200 típusú tristimulusos színmérőt használtam. A mérés az additív színkeverés elvén alapul, amely szerint bármely szín előállítható három, adott hullámhosszú fény keverékeként.

Csepegési léveszteség meghatározása

A csepegési léveszteség meghatározása tömegmérés alapján történt a kezdeti húsminta - tömeg és a vizsgálatkor mért húsminta tömegének mérésével.

Érzékszervi bírálat

Érlelt marhahúsból készített steak omlóssága és porhanyóssága élvezhető és érzékelhető leginkább. Magyarországon kevesen ismerik a jó steak elkészítésének technológiáját, illetve a jó steak ismérveit. Ezek alapján, egy általában 10 főből álló bírálópanel végezte az érzékszervi bírálatot. A bírálati lap egyéni, a stekekre jellemző tulajdonságok összeállításával (omlósság, lédúság, puhaság, íz, összbenyomás) preferencia vizsgálattal történt. Tulajdonságonként maximum 5 pontot adhattak a bírálók az egyes tulajdonságokra.

A mintákat 2 cm vastagra szeletelve sütöttem NATTRESS és JEREMIAH (2000) által alkalmazott paraméterek mellett. A minták a steaksütés során a MEDIUM (közepes) átsütöttségi szintet érték el.

Állományváltozás mérése

A minták 2 cm vastagok illetve 210 - 180 g közötti tömegűek voltak. Az állományméréshez a minták hőkezelésére termosztátban került (HWANG et.al 2004). A minták hőkezelése szeletenként, vákuumcsomagolva, 67 °C - on 15 percen keresztül történt.

A minták hőmérséklete a mérés alatt szobahőmérsékletű (24 °C) volt, mivel a próbakísérletek során bebizonyosodott, hogy a hőmérséklet nagymértékben befolyásolja a minta állomány jellemzőit. A minták állományának vizsgálatát Stable Micro System (SMS) készülékkel végeztem.

Állománymérés, TPA állományprofil analízis módszerével

A hőkezelést és a hűtést követően az állományprofil - analízishez (TPA=Texture Profile Analysis) henger alakú, 1,25 cm átmérőjű, 2 cm vastag próbatestet vágtam, amelyet magasságának 70 %-áig nyomtam össze. Szeletenként 6-7 próbatestet vágtam, így a párhuzamosok száma 14-16 között volt.

Állománymérés a Warner - Bratzler cella alkalmazásával

A hőkezelést és a hűtést követően a Warner - Bratzler cella alkalmazásával történő állományméréshez 2 cm széles próbatesteket vágtam majd a cella segítségével a teljes átvágásig metszettem. Szeletenként 3 próbatestet vágtam, melyeket 3 cm-enként vágtam el. Így a párhuzamosok száma 9 - 12 között volt.

Mikrobiológiai vizsgálatok

A mikrobiológiai vizsgálatok kiterjedtek az anaerob összes élő csíra (MSZ 3640/4-86), tejsavtermelő (MSZ EN ISO 15214: 2005), *E. coli.*(MSZ 3640-18: 1979), *Pseudomonas* (MSZ 3640-7: 1980), valamint mezofil aerob és fakultatív anaerob baktériumok (MSZ EN ISO 4833:2003) számának vizsgálatára. 2073/2005 EK direktíva és a 4/1998.(XI.11.) EüM rendelet alapján.

A marhahús membránpermeabilitásának meghatározása

A membránpermeabilitás-változás jellemzése a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék Labvig OE-420 típusú 100 cellás vezetőképesség-változás mérő berendezésével történt.

Az ultrahanggal kezelt illetve kontroll mintákból 0,36 és 0,4 g közötti mintamennyiség került az egyes cellákba, amelyek 3 cm^3 0,3M-os mannit oldattal voltak töltve. Az ionkiáramlás a cellákban levő mannitoldatban bekövetkező áramerősség (I , μA) azaz vezetőképesség - változásként került meghatározásra szobahőmérsékleten. Ezek alapján a membrán féligáteresztő képességében bekövetkező változás dinamikája jellemezhetővé vált.

Poliakrilamid-gélelektroforézis vizsgálat

A gélek futtatását, Bio-Rad Mini-PROTEAN 4 Cell készüléken végeztem. A kész gélek digitalizálása Gel Doc XR Scanner segítségével történt, az értékelést Quantity One (ver. 4.6.8.) szoftverrel végeztem. A mérések elvi alapjaihoz LAEMMLI (1970) módszere szolgált.

A futtatás után a géleket 0,24%-os Comassie Brilliant Blue R 250 (50% - os metanolban) oldatba helyeztem 1 órára, majd a háttérben maradt festéket 7 % metanolt, 9% esetsavat tartalmazó oldattal távolítottam el.

A fehérjeállapot vizsgálata Differential Scanning Calorimetry módszerével

A differenciális pásztázó kaloriméter olyan készülék (DSC), amely a hőáram regisztrálására alkalmas. A minta és a referenciaanyag térben el van különítve, és egyszerre, teljesen azonos hőmérsékletprogram szerint kerül felfűtésre. A DSC berendezés által mért értékek adatrögzítését személyi számítógép végzi. A mérőprogram két funkciót végez:

- egyrészt elvégzi a mérés során az adatrögzítést, majd a következő fázisban az adatok értékelését.

- a csúcsok alakja az anyag azonosítására, míg a görbe alatti területek nagysága mennyiségi értékelésre használható fel, amelyből az átalakulási hő számolható.

A kezeletlen és ultrahanggal kezelt minták DSC analízisét egy „MicroDSC III” típusú mikrokaloriméteren (SETARAM, Franciaország) végeztem.

Alkalmazott statisztikai programok, módszerek

A kísérleti munkám során kapott eredményeket az MS-Excel program segítségével dolgoztam fel, az eredményeim statisztikai értékelése az SPSS (ver 11.) illetve MS-Excel programban történt 95 %-os valószínűségi szinten. Eredményeimet egytényezős varianciaanalízissel (csoportközépértékek azonosságának valószínűsége 95%-os szignifikancia szinten, LSD) vizsgáltam. A statisztikai táblázatok a méretük miatt a mellékletben szerepelnek.

A membránpermeabilitás változás meghatározásánál, a mérési időintervallum alapján felvett értékekre lineárisra visszavezetett regresszió módszerével függvényt illesztettem és ezen függvények paramétereinek változását vizsgáltam.

Eredmények és következtetések

Magyarországon az elmúlt négy évtized során folyamatosan mérséklődött a marhahúsfogyasztás, melyben közrejátszott- többek között- a vörös húsok étlettanilag negatív megítélése is. Marhahús esetében a porhanyósság az egyik legfontosabb, a hús fogyasztásának élvezeti értékét meghatározó tényező, amely nemcsak az állat korából adódik, hanem a hús érettségi állapotából is.

A húserés folyamata azon biokémiai változások összessége, amely során a proteolitikus enzimek hatásának eredményeként létrejön a jellemző íz, illetve megfelelő állomány. Ezen folyamatokhoz szükséges idő erősen hőmérsékletfüggő. Az utóbbi években a bizonyos vásárlói réteg igényeinek és ízlésének változásával és a kerti grillezés divatjával piaci igény jelent meg az érlelt marhahús előállítására és forgalmazására. Az érlelési technológia alkalmazása célszerűen bizonyos - erre alkalmas testtájakra - korlátozódik. Az egyik legalkalmasabb marhahús típus a hátszín.

Élelmiszerbiztonsági okok miatt ma megkívánt a hús vágás utáni hűtése, mely a nagy hőmérsékleten történő, hagyományos érlelési technológia változtatását igényli.

Munkám során az élelmiszerbiztonsági szempontból elfogadható (0 - 5 °C) hőmérséklettartományban történő érlelés tanulmányozását választottam, vákuumcsomagolás alkalmazásával, kiemelve az intervallum alsó és felső tartományát. A vákuumcsomagolás, mint az

anaerob körülmények biztosítása előnyös a könnyű kezelhetőség, és a technológiai megvalósíthatóság szempontjából.

Célul tűztem ki, hogy tanulmányozzam a marhahús érése során végbemenő, fizikai és kémiai, biokémiai folyamatokat, mélyebb információt szerezzek a lejátszódó folyamatokról, valamint hogy olyan, üzemek által is alkalmazható érlelési technológiát dolgozzak ki, mely egyszerűbbé és gyorsabbá teheti az érlelt marhahús előállítását. E cél érdekében választottam az aktív ultrahang alkalmazásának vizsgálatát, amely az üzemek által is biztonságosan megvalósítható érlelési technológia lehet.

Az érlelési kísérlet során két hőmérséklet intervallumban vizsgáltam a marhahátszín érésének folyamatát. Az érlelés alatt vizsgáltam a szín, pH, léveszteség, állomány illetve az érzékszervi tulajdonságok változását, valamint a mikrobiológiai állapot alakulását is. Az érési folyamat alatt nyomon követtem a hús (marhahátszín) kalorimetrikus tulajdonságait, a rostokban végbemenő ionáramlási folyamatok mértékének alakulását, illetve a kimutatható fehérjék mennyiségének és minőségének változását. Munkám során az érési folyamatok illetve a porhanyósodás folyamatát aktív ultrahang alkalmazásával igyekeztem gyorsítani.

A fogyasztó értékítéletét meghatározó húsminőségi jellemző a szín. Vizsgálataim során a világossági tényező (L^*), vörös–zöld színtényező (a^*) illetve a kék–sárga színtényező (b^*) változásait figyeltem a kisebb illetve nagyobb hőmérsékletű érlelés során. A hús érési folyamata a hullamerevség kialakulásától kezdve jól jellemezhető a pH alakulásával is. A pH csökkenése során a fiziológiás 7,2 körüli érték 5,5-5,6 körülire változik. Tapasztalataim szerint a marhahátszín érési folyamata alatt a pH gyakorlatilag nem változott az érlelés végére. A húsipar számára minőségi szempontból fontos tényező a hús víztartó képességének változása. Az általam alkalmazott érlelési folyamat során az érlelési periódus 27. napján a csepegési léveszteség értéke az kisebb illetve nagyobb érlelési hőmérsékleten sem haladta meg a 2,5 - 3%-ot.

A tökehúsok mikrobiológiai állapota élelmiszerbiztonsági szempontból nem elhanyagolható. Tapasztalataim szerint a marhahátszín esetében a kisebb érlelési hőmérséklettel a tejsavtermelő baktériumok mennyisége csökken. Az összes anaerob csíraszám az érlelés során nőtt, de az kisebb hőmérsékleten való érlelés során nem haladta meg a fogyaszthatósági határértéket, míg a nagyobb hőmérsékleten való érlelés során, a 15 napon átlépte a 10^6 összes élő csíraszámot.

A marhahús érlelése során lejátszódó folyamatok a hús további kezelhetőségére, technológiai viselkedésére is kihatnak. Ennek okán fontos volt feltérképeznem a fő fehérjealkotók viselkedését az érlelési folyamat alatt. A vizsgálataimhoz SDS-PAGE módszert választottam, illetve a marhahátszín kalorimetrikus tulajdonságainak feltérképezéséhez a kalorimetrikus (DSC) mérést. A DSC módszer alkalmas a hús fehérjéinek denaturációs csúcshőmérsékletének megállapítására,

valamint a denaturáció entalpiájának (ΔH) meghatározását teszi lehetővé, amely mennyiségi információt szolgáltat.

Az aktív ultrahang alkalmazásával az SDS-PAGE módszerrel kimutatható kisebb molekulatömegű fehérje frakciók számának emelkedése látható, amely a proteolitikus enzimszisztéma kiteljesedését jelzi, az ultrahang roncolta a membránszerkezetet, amelyen keresztül a fehérjéket bontó enzimek könnyebben felszabadultak.

Az SDS- PAGE módszerrel kimutatott fehérjék száma is ezt igazolja, hogy a 90 percen keresztül kezelt mintákban kimutatható fehérjék száma lecsökkent. Mivel a fehérjetartalom az érlelés során nem változott, a fehérjék egy része aggregálódott. Az érlelési napok előrehaladtával a dezimin (55 kDa) mennyisége csökken, valamint a troponin - T mennyisége is, mely az érési folyamatokat igazolja. A 9. naptól nem mutatható ki különbség a fehérje denzitogramm alapján. A magasabb hőmérsékleten érlelt minták esetében detektált fehérjék jelintenzitása magasabb értéket mutat, főleg a kisebb molekulatömegű (40 – 17 kDa) fehérjék esetében.

Az érési folyamat megítélésében célul tűztam ki a membránokon bekövetkező változások detektálását. A hús membránjainak áteresztőképessége az érlelés, tárolás során megváltozik. Méréseimmel igazoltam, hogy az ionkiáramlás sebességének vizsgálatával az érés alatt ez a változás nyomonkövethető. Az alacsonyabb hőmérsékleten érlelt minták esetében a húserés során az ionkiáramlás mennyisége nőtt, amely igazolja az érés alatt a membránok áteresztőképességének növekedését. Az magasabb hőmérsékleten érlelt minták membránpermeabilitása magasabb volt.

Méréseimmel igazoltam, hogy a 3 W/cm^2 intenzitású ultrahang alkalmazása során a marhahátszín membránjának ionkiáramlása megnő. Az alkalmazott ultrahangos kezelési idő növelésével arányosan emelkedik az ionkiáramlás mértéke is.

Az érlelési kísérletek során az állományváltozás detektálása kiemelkedő szerepet játszik. Kísérleteimmel igazoltam, hogy a kisebb hőmérsékletű érlelési körülmények között ($0 - 1^\circ\text{C-on}$) a marhahús megfelelő porhanyósságának eléréséhez szükséges 14-17 nap. A magasabb hőmérsékletű ($+5^\circ\text{C}$) érlelés során a minták megfelelő állomány kialakulásához szükséges idő lerövidült körülbelül 7 - 8 napra. Igazoltam a fenti hőmérséklet tartományban a folyamat hőmérsékletfüggését. Ha a membránok post mortem állapotban károsodnak, akkor ezek az enzimek előbb a lizoszómákból, majd a sejtmembrán károsodását követően a sejtől is kijuthatnak, és fehérjebontó hatásukat kifejthetik, ezáltal is elősegítve a porhanyósodás folyamatát. Az aktív ultrahang (3 W/cm^2) alkalmazásával a membránok egy része sérül, az ionkiáramlás mértéke megnő, ezzel nem csak mechanikailag segít a porhanyósodás folyamatában, hanem a megfelelő enzimek is kijuthatnak és puhítják a húst. Az objektív állománymérés mellett szubjektív érzékszervi vizsgálatot is végeztem.

Az aktív ultrahang alkalmazása során olyan mechanikai hatások érik a kezelt mintát, amelynek során a membránrendszer sérül, ezáltal könnyítve a multikatalitikus enzimrendszer kiteljesedését. Ezen hatások elősegítik a porhanyósodási folyamatot, valamint a kialakuló mechanikai hullámok hatással vannak az izom szerkezetére is.

Összefoglalva igazoltam, hogy a 3 W/cm^2 intenzitású ultrahanggal való kezelés az állomány tulajdonságait kedvezően befolyásolta, amely alkalmas lehet üzemi körülmények közötti alkalmazásra is.

Tézisek (új tudományos eredmények)

1. Megállapítottam, hogy a vákuumcsomagolásban érlelt marha hátszín $+ 5 \text{ °C}$ -on való érlelése során a megfelelő állomány kialakulásához szükséges idő 8 nap. Ugyanezen állomány kialakulásához $0 - 1 \text{ °C}$ -on ennek kétszeresére van szükség.
2. Igazoltam, hogy a vákuumcsomagolásban $0 - 1 \text{ °C}$ -on illetve $+ 5 \text{ °C}$ -on érlelt marha hátszín fehérje-összetételbeli változásai az érési folyamat során SDS-PAGE gélelektroforézis módszerrel detektálhatóak.
3. A 3 W/cm^2 intenzitású aktív ultrahang alkalmazása során a membránok szerkezete sérül, az ionkiáramlás mértéke megnő. Az alkalmazott ultrahangos kezelési idő növelésével arányosan emelkedik az ionkiáramlás mértéke is.
4. Megállapítottam, hogy az aktív ultrahanggal való kezelés állományváltozást okoz. A 60 percen, 3 W/cm^2 intenzitással kezelt majd vákuumcsomagolásban $0 - 1 \text{ °C}$ -on érlelt marhahátszín mért keménységértékei a kontroll mintához képest harmadára csökkentek.
5. Megállapítottam, hogy a 90 percig 3 W/cm^2 intenzitású ultrahanggal kezelt minták esetében az SDS- PAGE módszerrel kimutatható fehérjék száma az érlelés végére, a negyedére csökkent. Az SDS-page módszerrel kimutatható fehérjék jelintenzitása a $+ 5 \text{ °C}$ -on vákuumcsomagolásban érlelt marhahátszín esetében nagyobb, az érlelési hőmérséklet hatása szignifikáns.
6. Megállapítottam, hogy a vákuumcsomagolásban érlelt marhahátszín kalorimetrikus tulajdonságai $0 - 1 \text{ °C}$ - on illetve a $+ 5 \text{ °C}$ -on való érlelés során nem változnak

Publikációs lista

Referált folyóirat cikkek

IF-es folyóiratcikk

1. Siró, Cs. Vén, Cs. Balla, G. Jónás, I. Zeke, L. Friedrich (2009) Application of an ultrasonic assisted curing technique for improving the diffusion of sodium chloride in porcine meat *Journal of Food Engineering, Volume 91, Issue 2, March 2009, Pages 353-362 (IF:2,313)*
2. L. Friedrich, E. Tuboly, K. Pásztor-Huszár, Cs. Balla, Cs. Vén (2008) Non-destructive measurement of rind thickness of dry sausage using ultrasound technique, - *Acta Alimentaria* (elfogadva, megjelenés alatt) (IF:0,51)

Nem IF-es folyóiratcikkek magyar nyelvű

1. Friedrich László, Vén Csilla, Balla Csaba (2007) Aktív ultrahang alkalmazása a pácolási technológiában – a HÚS 2007/1, pp. 71-79.
2. Vén Csilla, Friedrich László, Balla Csaba, Ittes Eliza, Tóth Krisztina (2007) A húsérés befolyásolása nagy intenzitású ultrahang alkalmazásával– a HÚS 2007/2, pp. 85-89.
3. Vén Csilla (2006) Diplomavédések a Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi karán, *Hűtőipar* 2006/ 54. évf. 3. sz. pp.16-17

Konferencia kiadványok teljes, idegen nyelvű

L. Friedrich, **Cs. Vén**, E. Tuboly and Cs. Balla, (2006) Effect of ultrasound on the diffusion process rate during curing of longissimus dorsi - 3rd Central European Congress on Food, Sofia 2006, pp.123. (on CD)

Cs.Vén, L. Friedrich, Cs. Balla, E. Ittes, K. Tóth, (2008) Aging of beef with the application of active ultrasound, 4th Central European Congress on Food, 6th Croatian Congress of FOOD TECHNOLOGISTS, BIOTECHNOLOGISTS AND NUTRITIONISTS, Cavtat, pp.309-317

L. Friedrich, Cs. Balla, **Cs. Vén** I. Zeke, (2008) Application of ultrasound technics in meat curing technology, CIGR - International Conference of Agricultural Engineering XXXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Conference CD: ISSN 1982-3797

Németh Cs., Friedrich L., Pásztorné Huszár K., **Vén Cs.**, Zeke I., Balla Cs (2009): New Preservation procedure for liquid egg. 2009 CIGR-Section VI International Symposium on Food Processing, Monitoring Technology in Bioprocesses and Food Quality Management. 2009. augusztus 31 - szeptember 2., Potsdam, Germany. ISBN 978-3-00-028811-1 pp.1043-1047.

Zeke I., Balla Cs. , **Vén Cs.**, Németh Cs., Pásztorné Huszár K., Friedrich L. (2009): Studies of cryogenic freezing of multilayer confectionery products. 2009 CIGR-Section VI International Symposium on Food Processing, Monitoring Technology in Bioprocesses and Food Quality Management. 2009. augusztus 31 - szeptember 2., Potsdam, Germany. ISBN 978-3-00-028811-1 pp.1055-1059.

Konferencia kiadványok teljes, magyar nyelvű

1. Friedrich L. és Felföldi J. (2000) Húskészítmények minőségének meghatározása ultrahangos módszerrel – MÉTE, XIII. Országos Tudományos Diákköri Konferencia, Mosonmagyaróvár, I. Kötet, pp. 102-105
2. Friedrich L. és Felföldi J. (2001) Ultrahangos mérési módszer alkalmazása húsipari termékek minősítésében – MTA Agrár Műszaki Bizottsága, Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő, II. Kötet, pp. 255-260.

Konferencia kiadványok összefoglaló, idegen nyelvű

L. Friedrich, **Cs. Vén**, E. Tuboly and Cs. Balla, (2006) Effect of ultrasound on the diffusion process rate during curing of longissimus dorsi - 3rd Central European Congress on Food, Sofia, pp.123. (on CD)

L. Friedrich, I. Siró, **Cs. Vén**, Cs. Balla, A. Lőrincz, B. Reh (2007) Enhancement of diffusion and distribution of sodium-chloride in pork meat by ultrasonic method, UIA 2007 Symposium, London, Paper number: 14.

Cs. Vén, L. Friedrich, Cs. Balla (2009) Ultrasound in the food industry, Recent advances in high-power ultrasound research in Hungary- a Possible New Way of Technology, Sopron, University of West Hungary 2009.october. 22.

Cs. Vén, L. Friedrich, K. Horti, Cs. Balla (2009) Effect of active ultrasound treatment on the tenderness of beef during the aging process 2009 CIGR-Section VI International Symposium on Food Processing, Monitoring Technology in Bioprocesses and Food Quality Management. 2009. augusztus 31 - szeptember 2., Potsdam, Germany.

Német Cs., Friedrich L., Suhajda Á., Pásztorné Huszár K., Zeke I., **Vén Cs.**, Magyariné Horváth K., Balla Cs.,(2009) Investigation of the thermal resistance of Salmonella spp. In liquid egg products, , 6th International Symposium of anaerobic microbiology , Liblice, 2009 június 17-20.

Németh, Cs., Friedrich, L., Pásztor-Huszár, K., **Vén, Cs.**, Koncz, K., Balla, Cs.,(2009) Development of a safe liquid egg white based drink, Food and Function 2009 - International Scientific Conference on Nutraceuticals and Functional Foods, június 9-11, Zsolna, Szlovákia

Konferencia kiadványok összefoglaló, magyar nyelvű

Vén Csilla (2006) Pácolás ultrahangos eljárással, MÉTE XVI. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Kiadvány, Mosonmagyaróvár, pp 63.

Vén Csilla (2007) Pácolás ultrahangos eljárással, XXVIII. Országos Tudományos Diákköri Konferencia, Agrártudományi Szekció, Debrecen, pp. 135.

Friedrich L., **Vén Cs.**, Balla Cs., Hanula- Kövér G., Jónás G., (2007) Aktív ultrahang alkalmazása a pácolási technológiában - "Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly" Tudományos Ülésszak, Budapest, pp. 122-123.

Balla Cs., Friedrich L., **Vén Cs.**, Hanula- Kövér G., (2007) Áruházi hűtőpultok új módszerekkel történő hőmérséklet-monitorozása térben és időben - “Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly” Tudományos Ülésszak, Budapest, pp. 124-125.

Vén Cs., Friedrich L., Balla Cs., Ittes Eliza, Tóth Krisztina, (2007) A marhahús érlelése aktív ultrahang alkalmazásával - “Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly” Tudományos Ülésszak, Budapest, pp. 134-135.

Balla Cs., Friedrich L., Jónás G., Zeke I. **Vén Cs.** (2009) Thermokamera alkalmazása hűtőlánc tér és időbeli monitorozására , Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly” Tudományos Ülésszak, Budapest, pp. 82-83.

Vén Cs., Pászorné-Huszár K., Friedrich L., Balla Cs., (2009) Aktív ultrahaggal kezelt marhahús fehérjeösszetételének vizsgálata az érés során Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly” Tudományos Ülésszak, Budapest, pp. 182-183.

Hivatkozások

I. Siró, Cs. **Vén, Cs.** Balla, G. Jónás, I. Zeke, L. Friedrich (2009)
Application of an ultrasonic assisted curing technique for improving the diffusion of sodium chloride in porcine meat *Journal of Food Engineering, Volume 91, Issue 2, March 2009, Pages 353-362*

Idézi:

Mathematical modeling of the uptake of curing salts in pork meat Journal of Food Engineering, Volume 95, Issue 4, December 2009, Pages 533-540 N. Graiver, A. Pinotti, A. Califano, N. Zaritzky

Selected Applications of Ultrasonics in Food ,Processing Food Engineering Reviews ,Volume 1, Number 1, 31-49, DOI: 10.1007/s12393-009-9003-7 Bhaskaracharya R. K. , Kentish S., Ashokkumar M.

Moreno Conde, Helena María (2010) Reestructuración en frío de músculo de pescado mediante la incorporación de alginato sódico y transglutaminasa microbiana. Tesis PhD.

Elnyert hazai tudományos és K+F pályázatok, kutatási megbízások részvevője

1. Új pácolási technológia fejlesztése és alkalmazása a páclé diffúziója növelésére a termék állományának és anyagkihozatalának javítására – **SÁGA** 2006
2. Marhahús érlelésének innovatív fejlesztése új érlelési technológia kidolgozása – **TESCO** 2006
3. Hűtő- és fagyasztó pultok, ill. szigetek hőkamerás feltérképezése – **TESCO** 2006
4. Hűtőlánc élelmiszerbiztonsági feltételeinek innovatív fejlesztése a hűtött élelmiszerek idő- és térbeli hőmérsékletprofiljának monitorozása – **TESCO** 2006
5. Előhűtött csomagolt és csomagolatlan sertés húsok hőmérséklet változásának vizsgálata különböző tartózkodási hőmérsékleteken (12 és 20°C) – **TESCO** 2006

6. Védőgázos csomagolású nyers baromfi húsok eltarthatósági idő- gázösszetétel-hőmérséklet kapcsolat meghatározása az eltarthatósági idő és az élelmiszerbiztonság növelése céljából - **SÁGA** 2006
7. Hűtött és fagyasztott élelmiszerek élelmiszerbiztonsági feltételeinek innovatív fejlesztése a kereskedelmi hűtőbútorokban lévő élelmiszerek térbeli hőmérsékletprofiljának termokamerás monitorozásával – **SPAR** 2006
8. Hűtőlánc élelmiszerbiztonsági feltételeinek innovatív fejlesztése a hűtött élelmiszerek idő- és térbeli hőmérsékletprofiljának monitorozásával – **TESCO** 2007
9. Hűtőlánc élelmiszerbiztonsági feltételeinek innovatív fejlesztése a hűtött élelmiszerek idő- és térbeli hőmérsékletprofiljának monitorozásával – **TESCO** 2007
10. Csomagolás nélküli előhűtött húsok, húskészítmények és saláták hűtőpulti tárolási módjának innovatív fejlesztése a fizikai és mikrobiológiai állapotjellemzők javítására – **TESCO** 2007
11. Mono- és polipropilén tálcák összehasonlítása sertés és marhahúsok fizikai, kémiai és mikrobiológiai állapotának, valamint a tálcák gázzáró képességének tekintetében – **TESCO** 2007
12. Világítótestek hőszigetelésének hatása a termékek felületi hőmérsékletére – **TESCO** 2007
13. Védőgázos darált marhahúsminiók védőgáz összetételének és mikrobiológiai állapotának vizsgálata – **TESCO** 2007
14. Pulyka kábításának innovatív fejlesztése, paramétereinek optimalizálása a kábultság és a húsminőség tekintetében – **SÁGA** 2007
15. Hűtött és fagyasztott élelmiszerek élelmiszerbiztonsági feltételeinek innovatív fejlesztése a háttérhűtőkben tárolt élelmiszerek térbeli hőmérsékletprofiljának termokamerás monitorozásával – **SPAR** 2007
16. Hűtött és fagyasztott élelmiszerek élelmiszerbiztonsági feltételeinek innovatív fejlesztése a háttérhűtőkben tárolt élelmiszerek térbeli hőmérsékletprofiljának termokamerás monitorozásával – **METRO** 2007
17. Marhahús érlelési technológiájának innovatív fejlesztése **SPAR** 2008