



Élelmiszertudományi Kar

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Ultrahang alkalmazása húskészítmények minősítésében és gyártástechnológiájában

Készítette:

Friedrich László

Konzulensek:

Dr. Felföldi József egyetemi tanár

Dr. Balla Csaba egyetemi docens

**Készült a Budapesti Corvinus Egyetem
Élelmiszertudományi Karának
Fizika-Automatika és
Hűtő- és Állatitermék Technológiai Tanszékén**

Budapest, 2008

A doktori iskola

megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

tudományága: Élelmiszertudományok

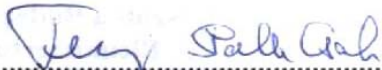
vezetője: Dr. Fodor Péter
egyetemi tanár, DSc
Budapesti Corvinus Egyetem
Élelmiszertudományi Kar,
Alkalmazott Kémia Tanszék

Témavezetők: Dr. Felföldi József
egyetemi tanár, PhD
Budapesti Corvinus Egyetem
Élelmiszertudományi Kar
Fizika - Automatika Tanszék
Dr. Balla Csaba
egyetemi docens, PhD
Budapesti Corvinus Egyetem
Élelmiszertudományi Kar,
Hűtő- és Állattermék 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 témavezetők jóváhagyása

1. Bevezetés

Dániában és a hasonlóan fejlett húsiparral rendelkező országokban jelentős anyagi és erkölcsi erőforrásokkal támogatják a húsipari kutatásokat, az új technológiai és mérés technikai innovációt. A magyar húsiparban alkalmazott technológiák és mérési rendszerek jelentős része tradicionális, nem hordozza magában az innováció új vívmányait. Az ipar számára a fejlesztést többnyire az adalékanyagokat, a gépeket és berendezéseket forgalmazó cégek jelentik. Ezek a cégek azonban nem szolgáltatnak elegendő információt a további fejlesztésekhez a húsipar szereplői számára. Ezért szükség van olyan technológiai és mérés technikai innovációkra, amelyek új lehetőségeket nyújthatnak a magyar húsipar számára.

Fejlesztést, és kutatást jelentő terület az ultrahang alkalmazása mind a mérés technikai, mind pedig a technológiai területen. Az ultrahang felhasználását tekintve ez két külön területnek számít. Az ultrahang hullámok intenzitásától függően megkülönböztetünk passzív és aktív ultrahangot. A határérték az 1 Wcm^{-2} intenzitás, ennél nagyobb esetben aktív, ill. kisebb értéknél passzív ultrahangról beszélünk. A passzív ultrahangot a mérés technikában, az aktív ultrahangot mechanikai behatásoknál alkalmazzák.

A minőség meghatározása, a technológiai folyamatok nyomon követése elengedhetetlen az élelmiszer-feldolgozás területein és a kereskedelemben. Általában a minősítések során felhasznált kémiai anyagok a termékekkel közvetlenül érintkeznek, a roncsolásos eljárásoknál a minták továbbfelhasználásra alkalmatlanná válnak, ami megakadályozza azok élelmiszerként való felhasználását. Ezért az adott lehetőségekhez mérten előtérbe helyezendők a roncsolásmentes, gyors és egyszerű fizikai mérési módszerek alkalmazása, amelyek a minták további felhasználhatóságát teszik lehetővé és folyamatos információt szolgáltat a mérendő mintáról. Valamint elkerülhetőek a bonyolult minta előkészítési eljárások, ún. tiszta mérés technológia valósítható meg. A roncsolásmentes módszerek közé tartozik a passzív ultrahang, ami nem változtatja meg mérendő anyagok tulajdonságait. Itt kell megemlíteni a tengeralattjárók tájékozódását, a sebességmérést, az orvostudományban a magzat, ill. belső szervek vizsgálatát, a sertések minősítését a hús-zsír arány tekintetében stb.

Magyarországon, de más európai és Távols-Keleti országokban is nagy jelentőséggel bír a húsos szalonnák fogyasztása. A húsipar és az élelmiszer-kereskedelem számára rendkívül fontos az alapanyag- és a késztermék szalonnák minősége, amit manapság a hús-zsírarány határoz meg. Mai napig megoldatlan probléma a húsos szalonnák átvételénél, értékesítésénél a tényleges hústartalom. A szalonnák hús-zsírarányát szemrevételezéssel, a hústartalom és a szalonnavastagság alapján döntenek el a szakemberek és a fogyasztók. Sajnos, mivel nincs megfelelően kialakított mérőrendszer

és értékelés, gyakran minőségi hibák, félreértések és konfliktusok alakulnak ki az élelmiszer-előállítók, az élelmiszer-kereskedők és a fogyasztók között, ami gazdasági és erkölcsi hátrányokat von maga után. Tehát a húsos szalonnák előállítása és értékesítése során valós problémával nézünk szembe, ami megoldandó feladat az ipar és a kutatók számára.

Hazánkban 120-130 éves tradícióval rendelkezik a szárazárugyártás Szegeden és Budapesten a téliszalámi gyártásában. Az elmúlt több mint 100 évben a helyes és irányított érlelési technológiát a szalámimesterek végezték. Sajnos manapság a szalámimesterek száma lecsökkent, szinte nincs megfelelő szakember ezen a területen, mivel a mesterek féltett titokként őrizték az érlelés rejtelmét. Ezáltal eljutott az ipar oda, hogy nem nevelődött ki az utánpótlás, az érlelési technológiák ellenőrzése és szabályozása nem teljes. Az ipar nem rendelkezik érlelési folyamatot nyomon követő rendszerrel és mérőszámokkal, mivel eddig a szalámimester tapintással állapította meg a szalámi érettségi állapotát, és ennek megfelelően változtatta az érlelés paramétereit, a hőmérsékletet, a páratartalmat és a légsebességet. Gyakorlatilag nincs miből megtanulni a „szakmát”, amit, őszintén szólva, könyvből nem is lehet elsajátítani. Ezért fontos kérdés a szárazárú érlelésének nyomon követése, a kérgesedés megelőzése roncsolásmentes mérőrendszer kialakításával és mért jellemzők regisztrálásával. A szárazárúkat tradicionálisan gyártó országok húsipari kutatói több vonatkozásban vizsgálták a szalámifélék érlelése során végbemenő állomány- és ultrahangjellemzőket, azonban a kérgesedés detektálására vonatkozó mérések nem történtek.

Az ultrahang-alkalmazások másik területe az aktív ultrahang, ami jelentős mechanikai erőhatással rendelkezik. Alkalmazása szerteágazó: fémek, kőzetek fúrása, beton vágása, erozolok képzése, oldódási folyamatok, kristályosítás, stabil emulziók készítése, hús porhanyósítása stb.

A húsok pácolásánál gazdasági és üzemszervezési okokból előtérbe került a gyorsított technológia. Vagyis a páclé minél gyorsabb és egyenletesebb bejuttatása a húsokba. Az eddig alkalmazott technológia a páclé beinjektálása, és a tumblerezés, ami az egyenletes sóeloszlást tekintve nem teljes. A páclé beinjektálása ugyan egyenletes sóeloszlást tesz lehetővé, azonban ez a módszer csak a nagydarabos húsoknál alkalmazható, a kisdarabos bélbe töltött, vagy a gépben főtt sonkáknál nem. A pácolás sebességénél meghatározó a páclé diffúziója, valamint az állomány kialakulása. A szakirodalomban több kutató foglalkozott az aktív ultrahang húsipari pácolásban való alkalmazásával. A vizsgálatok kutatási területe főleg a diffúzió növelése. Az alkalmazás háttérében az aktív ultrahang magas intenzitása és a folyamatra jellemző kavitáció jelensége áll, ami előnyösen hathat a sejtmembránok permeabilitására, gyorsítva ezzel a páclé diffúzióját. Az alkalmazott intenzitás értékek és kezelési idők szélsőségesek, az eredmények nem mutatnak egységes képet.

Összegezve az ultrahang aktív és passzív módját kívánom alkalmazni a húsipar mérés-technikai és technológiai területén.

2. Célkitűzés

A bevezetésben már említett technológiai okokból kifolyólag célom volt a nagyfrekvenciás passzív ultrahang roncsolásmentes előnyét felhasználva a szalonnák hús-zsír arányának és a téliszalámi szárazáru kérgesedési folyamatának detektálását, a keletkező kéreg vastagságának meghatározása.

Ennek megfelelően célként szerepelt a szalonnák zsír- és húsrétegeiben és a téliszalámi normál állományú és kérges rétegében az ultrahang hullámok terjedési sebességének és csillapodásának mérése, a csillapítási tényezők meghatározása.

Továbbá célként fogalmaztam meg a szárazáru 15 hetes érlelése során a szalámirudak kérgesedési állapotának monitorozását, szárazanyag-tartalom változásának nyomom követését az ultrahanghullámok terjedési sebességének, a csillapodásának, a szalámiminták csillapítási tényezőjének és a szárazanyag-tartalmának mérésével.

A pácolási technológia innovatív fejlesztése érdekében olyan eljárás kifejlesztését céloztam meg, amely a pác-só diffúziójának sebességét növeli, az egyenletes sóbehatolás és fokozottabb állománykialakítás által a pácolási időt lerövidíti, kedvezőbb állományt eredményez, és a kihozatait javítja.

3. Anyag és módszer

Ebben a fejezetben az előzőekkel egyetemben a passzív és az aktív ultrahang alkalmazásánál használt mintákat, mérési módszereket és kezelési eljárásokat mutatom be. Külön fejezetként a passzív- és az aktív ultrahang egyes részleteit.

Passzív ultrahang

A passzív ultrahanggal végzett kísérleteim során kolozsvári szalonnát, kenyérszalonnát és téliszalámi mintákat alkalmaztam. A kísérlethez számítógépes mérőrendszert alakítottam ki, melyben a programozható ultrahang- frekvenciás készüléket egy számítógép vezérelte. A használt transducer 1 MHz névleges rezonanciafrekvenciájú, száraz csatolású, szélessávú fej volt. A vevőfej jelét oszcilloszkóppal, illetve egy számítógépbe épített oszcilloszkóp emuláló mérőkártya és szoftver segítségével vizsgáltam.

A kísérleteknél a transzmissziós eljárást alkalmaztam; a mintákon adott gyakorisággal különböző szélességű ultrahang-impulzust bocsátva át, a válaszjeleket oszcilloszkópon és számítógépes mérőrendszer alkalmazásával mértem. Az adó-vevőket a környezeti rezgéseket csillapító rétegre helyezett állványon rögzítettem. Előkísérletekben vizsgáltam a terjedési sebesség és a csillapítás hőmérsékletfüggését 5°C-tól 25°C-ig terjedő tartományban, valamint irányfüggését a minta rétegeire merőleges és párhuzamos áthaladás esetében. Az ultrahang-jellemzők és a készülékállandó meghatározása. A mért adatok kiértékelése során a vevőn mérhető kimenőjel nagyságát és a jel

késését határoztam meg, amelyből kiszámítottam a különböző rétegekben az ultrahanghullámok terjedési idejét és csillapodását, valamint csillapítási tényezőjét. A csillapodás a rezgőmozgás energiájának és ezzel együtt amplitúdójának fokozatos csökkenése. A rezgőmozgás amplitúdója a távolsággal exponenciálisan lecsökken a súrlódás vagy egyéb veszteségek következtében. A csökkenés mértékét a kitevőben szereplő α elnyelési,- vagy csillapítási tényező szabja meg. A folyamatot az alábbi összefüggés írja le:

$$U_{ki} = a \cdot e^{-b \cdot \alpha} \quad (9.)$$

A látszólagos kimenőjelértékek vastagság függvényében történő ábrázolása során kapott exponenciális grafikonok esetében a görbéket leíró egyenletekben szereplő exponenciális kitevő, tehát a csillapítási tényező reciproka megmutatja a kimenőjel e-ad (2,718) részére csökkenéséhez tartozó mintavastagságot.

Az előkísérletek és a matematikai összefüggések felhasználásával hipotézisként vetődött fel a csillapítás értékek additivitása, melyről a rétegvizsgálatok elvégzése után bizonyosodhattam meg.

Aktív ultrahang

A kísérletekhez csont nélküli sertéskarajt (longissimus dorsi) használtam, aminek változását mértem kisebb (5 x 5 x 2 cm) és nagyobb méretű (7 cm átmérőjű, 450-470 g tömegű) karajmintaként, nyers sonkamasszaként (90% páclé/hús arány) és különböző páclétartalmú (100, 110, 120 és 130% páclé/hús arány) sonkamassza és sonka késztermék formájában.

Kisméretű és nagyméretű karajmintánál nitrites- sókeveréket, a sonkamassza, ill. gépsonka esetében páclékeveréket alkalmaztam (2,2% nitrites sókeverék, 0,4% tetra-nátrium-pirofoszfát, 32,5% tari-100, 64,9% húsfehérje).

Az iparban a húspácolás során alkalmazott berendezést a tumblert és kísérleteim tárgyát képező nagy intenzitású ultrahangot gerjesztő berendezést alkalmaztam.

Kezelések és vizsgálatok

A pácolás során tumblerezést különböző intenzitású ultrahangos kezelést és hagyományos (páclébe helyezéssel) pácolási eljárást alkalmaztam különböző kezelési időtartamok mellett. A vizsgálatokkal az egyes kezeléseknek a húsminta, a sonkamassza és a sonka készítmény minőségi jellemzőire gyakorolt hatását kívántam meghatározni, mint a diffúziós tényezőt, az állományt, a só-és állományeloszlást, a vízkötő és víztartó képességet, a fehérjedenaturációt, a miofibrilláris szerkezetet, a massza és a sonka állományát, a sonka mozaikosságát.

Diffúziós állandó (D) meghatározása

A diffúziós tényező meghatározásakor arra kerestem a választ, hogy az ultrahanggal történő pácolás, illetve a tumblerezés mennyivel gyorsabb sóbehatolást eredményez a hagyományos, sóleben történő hosszú idejű pácolási technológiával szemben. Az irodalmi adatok szerint az ultrahang gyorsítja a diffúziót, de nem tisztázott, hogy mennyire. Ennek megfelelően az sem tisztázott, hogy a tumblerezés hatásosabb e tekintetben, vagy az ultrahang alkalmazása.

A kezelések hatása a karajminta állományára

A kísérlettel azt vizsgáltam, hogy a karajminta állománya hogyan változik a különböző kezelések hatása. A méréshez a TPA módszert alkalmaztam, amelynél a mérőfej a mintát kétszer nyomja meg, ami által a termék több állományjellemzőiről kapunk információt, mint a keménység, a rágási munka, a rugalmasság, a kohezivitás és a rághatóság.

Vízköttő- és víztartó képesség vizsgálata

A vízkötő képesség megmutatja, hogy az adott kezelés hatására a hús mennyi vizet, illetve páclevet köt meg. A nemzetközi irodalomban water-binding capacity (WBC) néven ismert. A mérés során a minták nedvességtartalmából számítottam ki az egyes kezelések által felvett víz mennyiségét.

A víztartó képesség, szakirodalomban water holding capacity (WHC), valamilyen mechanikai hatást, pl.: súlyterhelés, centrifugálás, követően megtartott vízmennyiséget jelent. Gyakorlatilag megmutatja, hogy a felvett víz, vagy páclé milyen mértékben kötődik a fehérjékhez, bizonyos ideig tartó állás után mennyi vizet enged el, illetve tart meg a hús. A víztartó képesség meghatározását elvégeztem a karajmintán és a növelt páclétartalmú sonka késztermékeken is.

Izomrostok szerkezetének vizsgálata elektronmikroszkóppal

Az elektronmikroszkópos vizsgálatokkal a kezeléseknél az izomrostok közötti távolságok változására, a rostok duzzadására, valamint a miofibrillumok szerkezetbeli változására kerestem a választ a karajmintában. Ennek megfelelően a pásztázó vizsgálatokkal az izomrostbeli eltéréseket, hatásokat, a transzmissziós technikával pedig a miofibrillumokban történő változásokat határoztam meg.

DSC vizsgálatok

A DSC mérésekkel azt vizsgáltam, hogy a különböző kezelést alkalmazó pácolási eljárásoknál a felvett páclé mennyisége és maga a kezelés fiziko-kémiai hatása hogyan befolyásolja a fehérjék denaturációjának hőmérsékleti maximumát.

Sóeloszlás és állományeloszlás meghatározása a karajmintában

A nagyobb méretű karajmintába a só bediffundálásának és eloszlásának meghatározását végeztem, az állományvizsgálat penetrációval történt a keménység, mint állományjellemző mérésével. A penetrációs méréssel arra kerestem a választ, hogy az ultrahangos kezelés és a tumblerezés hatására

az izomrostok közötti összetartó erő milyen mértékben változik, a belső rétegekben megtörténik -e az izomrostok lazítása, a miofibrillumok távolságának növelése a teljes mintában.

Sonkamassza állománymérése, a kezelési idő meghatározása

A sonkamassza készítésekor a sertés karajt 12 mm lyukátmérőjű tárcsán aprítottam, majd hozzáadtam a páclékeveréket és kezeltem tumbleres, $2,5 \text{ Wcm}^{-2}$ intenzitású ultrahangos és hagyományos pácolással. A kezeléseket időtartama 3, 4, illetve 5 óra volt.

A masszán végzett Back-extrúziós cellával végzett állománymérés által információt kaptam a hőkezeletlen nyers sonkamassza exszudátumának és húsmozaikjainak az összeállásáról, adhéziójáról, a massa tapadosságáról, a kialakult kolloid rendszer stabilitásáról az egyes kezeléseket és kezelési idők függvényében. Az extrúziós adatok ismeretében meghatároztam a megfelelő állomány kialakulásához szükséges kezelési időt.

Páclé/hús arány növelésének hatása a massa és a sonka késztermék minőségi jellemzőire

Az aprított sonkáknál (gébben főtt vagy tömlős) végzett kísérletsorozatban növeltem a hozzáadott páclékeverék mennyiségét (páclé/hús arány 100, 110, 120 és 130%). A különböző kezeléssel készített sonkamasszát a bélbetöltés követően 78°C -os térben hőkezelttem, majd hűtöttem. A vizsgálatokkal azt kívántam meghatározni, hogy a különböző pácolási eljárásokkal készített **eltérő arányban növelt páclétartalmú sonkamasszák és sonkakésztermékek állományában, víztartó képességében és mozaikosságában** van-e különbség. A megnövelt páclé-tartalmú sonkamassza állományméréséhez az előzőekben már alkalmazott Back extrúziós cellát használtam.

A szakirodalomban is általában több állománymérési módszert alkalmaznak egy mintasorozat értékelése során, ezért választottam a sonka késztermék állományának mérésére a TPA módszert, a Warner- Bratzler és a Kramer cellát is. Amennyiben a különböző cellákkal meghatározott adott állományjellemzők azonosak, akkor egyértelműen bizonyított az egyes kezeléseket állománybeli hatása. A víztartó képességet a karajmintához hasonlóan végeztem. A sonka késztermékről készített fotók segítségével illusztráltam a kezeléseket hatását a sonkakészítmények mozaikosságát illetően.

4. Eredmények és következtetések

A passzív ultrahanggal végzett kísérletek alapján megállapítható, hogy a szárazabb, tömörebb rétegekben, mint a szalonnák húsrétegei és a téliszalámi kérges része, az ultrahanghullámok terjedési sebessége nagyobb. Vagyis a száraz, száradó, merev rétegekben az ultrahang terjedési sebessége nagyobb, mint a laza szerkezetű, magas nedvességtartalmú rétegekben.

Az ultrahang hullámok csillapítását vizsgálva megállapítható, hogy a szaláminál az említett száraz kéreg, vagy a szalonnák húsrétege nagyobb mértékben csillapítja az ultrahangot, tehát csillapítási tényezőjük nagyobb.

Összegezve, a száraz, tömöttebb rétegekben az ultrahang hullámok gyorsabban terjednek, azonban intenzitásuk nagymértékben csökken, vagyis nagyobb mértékben csillapodnak, mint a lazább, rugalmasabb szerkezetű, folyadékfázist tartalmazó anyagokban.

Az említett terjedési sebességértékek ismeretében a szalonnák hús –zsír aránya becsülhető. A téliszalámi minősítése során ellenőrizhető az esetleges kérgesedés, ill. a kéreg vastagsága.

Bebizonyítottam a csillapítás additivitását a vizsgált minták esetében. Ezt felhasználva két eltérő szövetszerkezetű- és összetételű réteg vastagsága nagy biztonsággal becsülhető, aminek következtében roncsolásmentesen meghatározható a vizsgált minta (téliszalámi, kolozsvári szalonna) minősége (kéreg jelenléte), ill. hús-zsír aránya.

Az érlelés adott időpontjában mérésel meghatározható a szalámirúdon áthaladó ultrahang hullámok terjedési sebessége és csillapódása. A kapott értékeket a készített kalibrációs grafikonnal összehasonlítva, az adott időponthoz tartozó sebesség és csillapítás értékekből megállapítható az érlelési folyamat periódusa. Vagyis becsülhető az adott rúd szárazanyag-tartalma, ami meghatározója az érlelésnél a szikkadtsági foknak. Ezért a technológiai paraméterek szükség szerint változtathatók, amelyek a minőségbiztosítás és a gazdaságosság szempontjából meghatározóak.

Az ultrahanggal való pácolás eredményei alapján megállapítható, hogy az aktív ultrahang alkalmazása a vizsgált intenzitástartományban gyorsítja a diffúziót, tehát alkalmazásával a húsokba történő sóbevitel gyorsítható. Az alkalmazott tartományban az intenzitás növelésével a diffúzió sebessége exponenciálisan nő. A mintán belüli sóeloszlás egyenletes, ezért azonos sókoncentráció kialakításához akár kisebb sókoncentrációjú páclé is alkalmazható, nem szükséges a nagy koncentrációkülönbség a hús és a páclé között a diffúzió hajtóerejeként.

Az ultrahang okozta kavitáció eredményeképpen a hús állománya lazább szerkezetűvé válik. A sótartalomhoz hasonlóan a puha állomány a hús teljes terjedelmére jellemző, ami elősegíti a sódiffúziót és növeli az élvezeti értéket.

Vizsgálataim szerint a $2,5 \text{ Wcm}^{-2}$ intenzitású ultrahang az optimális az állományt, a vízkötő és- tartó képességet illetően. Nagyobb intenzitás ($3-4 \text{ Wcm}^{-2}$) esetében a só diffúziója gyorsabb és az elektronmikroszkóp felvételeken láthatóan nagyobb a miofibrillumok közötti tér, illetve a rostok vastagsága is nagyobb, azonban a kezelés hatására fellépő denaturáció rontja az állományt, csökkenti a vízkötő-és tartó képességet. Összegezve az ultrahanggal pácolt minták a felvett vizet jól megkötötték, a tumblerezett húsok nagy mennyiségű víz felvételét mutatták, azonban a felvett vízmennyiségük nagy részét nem tartották kötésben. Vagyis a felvett vizet fizikailag gyengén, vagy egyáltalán nem kötötték meg.

A gépsonkák gyártásánál ajánlatos a 4 órás kezelés a tumblerezésnél és az ultrahangos pácolásnál. A pácolás során a denaturáció elkerülése érdekében javasolt a 20 perc kezelés és 20 perc szünet alkalmazása mind a tumbler, mind az ultrahangnál.

Az állományjellemzőket vizsgálva megállapítható, hogy az ultrahanggal kezelt húsok lényegesen kisebb energia befektetésével rághatók. Az optimum ismételt a $2,5 \text{ Wcm}^{-2}$ intenzitás, de hasonló értéket tapasztaltam a 2 és 3 Wcm^{-2} esetében is. A 2 és a 3 Wcm^{-2} -nál a kezelési idő növelésével javul a rághatóság, a 3,5 és a 4 Wcm^{-2} -nál ingadozó hatás figyelhető meg. Továbbá az ultrahanggal pácolt sonkák állománya lazább szerkezetű, jól összeálló, víztartó képessége megfelelő. A termék megtartja eredeti mozaikosságát, tehát az ultrahang a tumblerrel ellentétben nem roncsolja szét a húsmozaikokat. Nagyobb mértékű páclébevitelkor az ultrahanggal pácolt sonkák állomány jellemzői és léeresztése csak kismértékben változtak.

5. Összefoglalás

Dolgozatomban az ultrahang húsipari alkalmazását tűztem ki célul. Ennek megfelelően bemutattam az ultrahang előállításának, alkalmazásának lehetőségeit, az aktív ultrahang hatását a húsminták szerkezetére, valamint a pácolást befolyásoló tényezőket és technológiai lépéseket. Vizsgálataim során a roncsolásmentes passzív ultrahangot alkalmaztam a szalonnák hús- zsír arányának, a téliszalámi kérgesedésének és érlelési folyamatának nyomon követésére. Az aktív ultrahangnak a húsok szerkezetére gyakorolt mechanikai hatását alkalmaztam a pácolási technológiában a pácolási technológia innovatív fejlesztése céljából.

A passzív ultrahang használatakor mértem, ill. meghatároztam az ultrahang terjedési sebességét, csillapodását a vizsgált szalonna minták hús- és zsírrétegeiben, valamint a téliszalámi normál állományú rétegeiben és a kérgében. Továbbá meghatároztam a minták egyes rétegeinek a csillapítási tényezőjét. A mérések során vizsgáltam a kapott jel intenzitásának alakulását a mintákra merőleges és párhuzamos mérőfej elhelyezkedés, valamint különböző hőmérsékletek esetében.

A minták egyes rétegeinek csillapítását megmértem, majd bizonyítottam a csillapítás additivitását, vagyis azt, hogy az egyes rétegek csillapítását összeadva megkapjuk a teljes minta csillapításértékét. A mind terjedési sebesség, mind a csillapítás és a csillapítási tényező ismeretében kétféleképpen is meghatároztam a minták hús-zsír arányát. A kidolgozott terjedési sebesség- és a csillapításmérő módszer információt szolgáltat a kereskedelem, a feldolgozóipar és a fogyasztó számára a termék minőségéről.

A téliszalámi vizsgálata alapján bebizonyítottam, hogy az ultrahang terjedési sebessége és csillapodása által meghatározható a nem megfelelő technológiával végzett érlelés és tárolás folyamán keletkező száraz kéreg megjelenése és vastagsága.

Továbbá a téliszalámi érlelési folyamata nyomon követhető az ultrahang jellemzők mérésével. Mind a terjedési sebesség, mind a minták csillapító hatása megfelelően jellemzi az érlelés szakaszait, és a termék szárazanyag-tartalmát. Tehát az ultrahang alkalmazásával roncsolásmentesen nyomon követhető az érlelés folyamata, észlelhető az esetlegesen képződő kéreg. Ezzel a módszerrel gyakorlatilag automatizálható a szalámigyártás legkritikusabb lépése, az érlelés.

Az aktív ultrahang pácolási technológiában való alkalmazása során vizsgáltam az ultrahang intenzitásának és a kezelési időnek a hatását a húsok állományára, porhanyósságára. Továbbá kísérletsorozattal határoztam meg a diffúziós tényező alakulását, összehasonlítva a hagyományos és a tumbleres pácolással. Az ultrahangos pácolás diffúziós tényezője a vizsgált intenzitástartományban növelte a diffúziós tényezőt, azonban még a 4 Wcm^{-2} intenzitás is csak megközelíti a tumblerezés diffúziós tényezőjét, de nem éri el.

Vizsgálataim során meghatároztam a tumbleres és az ultrahangos pácolás hatását a mintán belüli sóeloszlásra és állományváltozásra. Az ultrahang egyenletesebb sóeloszlást és egyenletesen puhább állományt biztosított a húsminta keresztmetszetében. Természetesen a kettő összefügg, az egyenletes laza szerkezetnek köszönhetően a pácléeloszlás is egyenletesebb, mint a tumbler esetében. A kezelési idő és az intenzitás növelése segíti az egyenletességet a sóeloszlásban és az állományban.

Elektronmikroszkópos vizsgálatokkal mértem az egyes pácolási eljárások hatását az izomrostok szerkezetére, a miofibrillumok távolságának változására és duzzadására. A készített felvételek bizonyítják, hogy az ultrahang nagymértékben lazítja az izomrostokat, így a miofibrillumok vízfelvétele nő, ami által azok duzzadnak. Ez látható a miofibrillumok vastagságának növekedésében is. A vizsgált $2-4 \text{ Wcm}^{-2}$ intenzitás-tartományban az intenzitás növekedésével nő a miofibrillumok távolsága és vastagsága.

Differencial Scanning Calorimetry mérésekkel határoztam meg a kezeléseket hatását az aktín denaturációs hőmérsékletére és a fehérjék vízkötésére. Továbbá vizsgáltam a pácolási eljárások (hagyományos, tumbleres, ultrahangos) hatását a húsok vízfelvételére és víztartó képességére. Az utóbbit léeresztő képesség mérésével határoztam meg. A DSC által mért aktín denaturációs hőmérséklet-maximumértéke és a vízkötő képesség eredményei szerint az ultrahanggal kezelt húsok vízkötő képessége valamivel kisebb, mint a tumblerezetté, de a víztartó képesség értékei alapján a felvett vizet az ultrahanggal kezelt minták jobban megkötik.

A dolgozatban vizsgáltam a különböző kezeléseket hatását sonkamassza állományára is. A massa állománymérésekor az optimális pácolási időt határoztam meg, eredményként a 4 órás pácolás bizonyult megfelelőnek.

Az ultrahangos-, a tumbleres- és a hagyományos pácolás hatását kutattam a kész, aprított sonkatermékek esetében. A kísérletek során növeltem a hozzáadott páclé mennyiségét, majd mértem az állományváltozást az egyes kezeléseknél. A kapott eredmények szerint az ultrahang kezelésű sonkák kevésbé érzékenyek a pácléarány növelésére, vagyis az egyenletesebb pácléeloszlásnak köszönhetően a páclé megkötése jobb. Az ultrahanggal pácolt sonkák könnyebben rághatók.

A páclé arányának növelésénél vizsgáltam a sonkakészítmények víztartó képességét, a késztermék mozaikosságát. A sonka víztartó képessége az ultrahangos kezelés hatására kismértékben elmarad a tumblerezett terméktől, azonban nem olyan érzékeny a páclénövelésre.

A mozaikosságnál az ultrahang jelentős előnyének tartom a tumbleres technológiához képest, hogy az ultrahanggal pácolt aprított mozaikos gépsonkák megtartják mozaikosságukat, ami a szakemberek véleménye szerint pozitív tulajdonság.

Tehát, az elvégzett kezelések és vizsgálatok alapján bebizonyosodott, hogy az ultrahanggal javítható a pácolási technológia és ezzel együtt a termékek minősége is. További vizsgálatok elvégzése után esetlegesen a tumbleres technológiával kombinálva magas páclébevitelű, gyors pácolási technológia érhető el.

6. Tézisek (új tudományos eredmények)

1. Adatbázist készítettem a szalonna késztermékek hús- és zsírrétegeiben, valamint a téliszalámi normál és kérges rétegeiben az ultrahanghullámok terjedési sebességéről. Bebizonyítottam, hogy a mért terjedési sebességértékek ismeretében meghatározható a szalonnák hús- zsír aránya és a téliszalámiban a kéreg vastagsága.
2. A rétegvizsgálatok alapján bebizonyítottam, hogy az ultrahanghullámok logaritmikus csillapítása additív, vagyis az egyes rétegek csillapítását összeadva megkapjuk a teljes minta csillapítását. Ezek felhasználásával módszert dolgoztam ki ismeretlen belső rétegarányú szalonna- és szalámiminta rétegvastagságainak becslésére az ultrahangos csillapítás és a minta vastagságának mérése alapján, felhasználva a lehetséges komponensek csillapítási jellemzőit tartalmazó adatbázist.
3. A kísérletek alapján módszert dolgoztam ki egyrészt az ultrahang terjedési sebességének, másrészt a csillapításának mérésével a téliszalámi szárazanyag-tartalmának becslésére, és a kéreg megjelenésének ellenőrzésére az érlelés során. A terjedési sebesség- és a csillapításmérés módszere külön-külön is alkalmas az érlelés monitorozására, azonban a két módszer együttes alkalmazásával növelhető a szárazanyag-tartalom becslés pontossága.

4. Az aktív ultrahangnak a pácolási technológiában való alkalmazása során bebizonyítottam, hogy az ultrahang a sódiffúzió sebességét növeli. Az ultrahang intenzitásának növelésével exponenciálisan növelhető a diffúzió a $2 - 4 \text{ Wcm}^{-2}$ intenzitás-tartományban. Az ultrahangos besugárzás vizsgált intenzitás-tartományában ($2 - 4 \text{ Wcm}^{-2}$) a diffúziós tényező (d , [m^2/s]) a $d=2,7 \cdot 10^{-10} \cdot e^{0,477 \cdot I}$ összefüggés szerint változik az intenzitással (I , [Wcm^{-2}]).
5. Az ultrahanggal kezelt húsokban az állomány a hús teljes keresztmetszetében egyenletesebb, a minták szélső és középső rétegeinek keménysége között szinte nincs különbség. Az aktív ultrahangnak a húsok szerkezetére gyakorolt hatását elemezve igazoltam, hogy az ultrahangos kezelés a hús állományát nagymértékben lazítja, 2 - 3-szorosára növeli a miofibrillumok közötti teret. A vizsgált intenzitás-tartományban már $3 - 4 \text{ Wcm}^{-2}$ intenzitásnál 1,5 óra alatt jelentős rosttávolság növekedés érhető el. Az ultrahang okozta laza szerkezetnek köszönhetően egyenletesebb sóeloszlás és vízfelvétel biztosított a mintán belül.
6. A húsmintákon belüli sókoncentrációt vizsgálva bebizonyítottam, hogy 3 Wcm^{-2} intenzitású ultrahanggal már 3 órás pácolásnál jelentős mértékű, a tumblerezett hús középrétegében mért sókoncentrációt megközelítő 1,2 %-os sótartalom érhető el. Az ultrahanggal kezelt húsokban a rétegenkénti koncentrációkülönbség kiegyenlítettebb, a 3 Wcm^{-2} intenzitású, 3 órás kezelésű ultrahang alkalmazásával a húsmintán belüli sókoncentráció-különbségek szinte teljes mértékben kiegyenlíthetők, ezért a tumbleres vagy a befecskendezéses pácolással kombinálható, és így a pácolási idő csökkenthető.
7. Az aktív ultrahanggal pácolt húsminták esetében megállapítottam, hogy az ultrahangos kezelés mintegy 100 %-ban növeli a miofibrillumok vastagságát a felvett víz duzzadó hatása által. A vizsgált intenzitás-tartományban már a $3 - 4 \text{ Wcm}^{-2}$ intenzitású 1,5 órás kezeléssel maximális rostvastagság növekedés tapasztalható. A lazító hatás jelentősen javítja a hús vízkötő képességét, de nem éri el a tumblerezett húsnál mért értéket. Az ultrahanggal kezelt hús a felvett vizet nagyobb arányban megtartja, tehát az ultrahangos kezelés jelentősen javítja a víztartó képességet.
8. Az üzemi körülmények között gyártott gépsonkák vizsgálata során megállapítottam, hogy a sonkák állománya az ultrahang hatására puhul, rághatóságuk javul, ami szintén igazolja az ultrahangnak az izomrostokra gyakorolt lazító, technológiailag pozitív hatását. Az ultrahangnak az izomrostokra gyakorolt lazító hatásának ellenére a termék mozaikossága megmarad. A páclé/hús arányának növelése az ultrahanggal pácolt sonkák állományában és víztartó képességében kisebb mértékű változást okoz, mint a tumblerezett sonkáknál. Az ultrahanggal pácolt sonkák kevésbé érzékenyek a hozzáadott páclé mennyiségének növelésére, tehát az ultrahangos pácolási technológia a kihozatali mutatókat javítja.

Publikációs lista

Referált folyóirat cikkek

IF-es folyóiratcikk

1. Friedrich L, Felföldi J, (2006) Ultrasonic Method for Monitoring of Meat Freezing Process, - Acta Alimentaria (2006) (elfogadva, megjelenés alatt)
2. L. Friedrich, I. Siró, Cs. Balla, I. Dalmadi, K. Horváth, R. Ágoston, (2007) Influence of various preservatives on the quality of minced beef under modified atmosphere at chilled storage, - Meat Science (2008) (elfogadva, megjelenés alatt)
3. 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 37. kötet 3. szám (2008) (elfogadva, megjelenés alatt)

Nem IF-es folyóiratcikkek magyar nyelvű

1. Friedrich László, Siró István, Balla Csaba (2006) Védőgázos csomagolású friss húsok optimális gázösszetételének meghatározása – a HÚS 2006/2, pp. 71-79.
2. Friedrich László, Vén Csilla, Balla Csaba (2007) Aktív ultrahang alkalmazása a pácolási technológiában – a HÚS 2007/1, pp. 71-79.
3. 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.

Konferencia kiadványok teljes, idegen nyelvű

1. Friedrich L, Felföldi J, (2004) Non-destructive quality control by ultrasonic method – Proc. of AgEng 2004 International Conference on Agricultural Engineering, Leuven, Paper number: pp. 7-15.

Konferencia kiadványok teljes, magyar nyelvű

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

Konferencia kiadványok összefoglaló, idegen nyelvű

1. László Friedrich and József Felföldi (2004) Monitoring of the Mechanical Structure of Meat Samples During Freezing – 6th International Conference on Food Physics and Dairy Sciences, Pécs, 2004, pp. 32-33.
2. Friedrich L, Siró I, Balla Cs, (2005) Influence of Modified Atmosphere Packaging (MAP) and Storage Temperature on Microbial Quality of Fresh Meat – Chemical Engineering Mathematics, Budapest, pp. 29.

3. Kinga Horváth, Éva Andrásy, Margit Korbász, Judit Beczner, József Farkas, László Friedrich, (2006) The Use of automatic impedimetry for monitoring spoilage bacteria on chilled pork cutlets – FoodMicro 2006, Bologna, pp. 540.
4. József Farkas, Zsolt Seregély, István Dalmadi, Kinga Horváth, Éva Andrásy, László Friedrich (2006) Chemometric evaluation of electronic nose measurements for bacteriological spoilage assessment of refrigerated pork meat – FoodMicro 2006, Bologna, pp. 563.
5. L. Friedrich, E. Tuboly, I. Siró, I. Dalmadi and Cs. Balla, (2006) Changes in Physico-chemical characteristic of fish-meat under different storage temperatures and packaging conditions – 3rd Central European Congress on Food, Sofia 2006, pp.122.
6. 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.
7. L. Friedrich, E. Tuboly, K. Huszár and Cs. Balla, (2006) Non-destructive measurement of the callus sausage by using an ultrasound technique - 3rd Central European Congress on Food, Sofia 2006, pp.124.

Konferencia kiadványok összefoglaló, magyar nyelvű

1. Friedrich L. és Felföldi J. (1999) Szalonnák hús - zsír arányának meghatározása ultrahangos módszerrel – XXIV. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Agrártudományi Szekció, Gyöngyös, I. Kötet, pp. 196-197.
2. Friedrich L. és Felföldi J. (2002) Ultrahangos állománymérési módszer húсок fagyasztásának követésére – MTA Agrár Műszaki Bizottsága, Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő, pp. 37.
3. Friedrich L. és Felföldi J. (2003) Fagyasztás közbeni állományváltozás követése ultrahangos módszerrel – “Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly” Tudományos Ülésszak, Budapest, pp. 220-221.
4. Friedrich L., Siró I. és Balla Cs. (2005) Friss húсок színváltozásának dinamikája a tárolási hőmérséklet és a védőgáz összetétel függvényében - “Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly” Tudományos Ülésszak, Budapest, pp. 66-67.
5. Horváth Kinga, Andrásy Éva, Korbász Margit, Beczner Judit, Farkas József, Friedrich László, (2006) Baktériumok sertéshúسون szaporodásának nyomon követése automatikus impedimetriával – KÉKI - MTA Élelmiszertudomány – MÉTE 324. Tudományos Kollokvium, pp. 296.
6. Horváth Kinga, Seregély Zsolt, Dalmadi István, Andrásy Éva, Farkas József, Friedrich László, (2007) Baktériumos romlás becslése szeletelt sertés húسون gyors módszerekkel – “Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly” Tudományos Ülésszak, Budapest, pp. 58-59.
7. Friedrich L., Vén Cs., Balla Cs., Hanula- Kövér Gabriella, Jónás Gábor, (2007) Aktív ultrahang alkalmazása a pácolási technológiában - “Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly” Tudományos Ülésszak, Budapest, pp. 122-123.

8. Balla Cs., Friedrich L., Vén Cs., Hanula- Kövér Gabriella, (2007) Áruházi hűtőpultok új módszerekkel történő hőmérséklet-monitorozása térben és időben - "Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly" Tudományos Ülésszak, Budapest, pp. 124-125.
9. 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.

Könyv, jegyzet

1. Friedrich László (2006) MAP (Módosított atmoszférás csomagolású) hús- és baromfiipari termékek eltarthatósági idejének növelése; in: Pásztorné Huszár Klára és Kiss István Minőségkímélő élelmiszertechnológiák és élelmiszer-biztonság, Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kara és a Mezőgazda Kiadó kiadása. p. 43-49.
2. Friedrich László (2006) Húsok színváltozásának alakulása a gázösszetétel függvényében; in: Pásztorné Huszár Klára és Kiss István Minőségkímélő élelmiszertechnológiák és élelmiszer-biztonság, Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kara és a Mezőgazda Kiadó kiadása. p. 80-82.
3. Friedrich László (2007) Módosított atmoszférás csomagolású hús- és baromfiipari termékek eltarthatósági idejének növelése; in: Balla Csaba és Siró István Élelmiszer-biztonság és minőség II., Élelmiszertechnológiák, Mezőgazda Kiadó kiadása. p. 117-123.
4. Friedrich László (2007) Húsok színváltozásának alakulása a gázösszetétel függvényében; in: Balla Csaba és Siró István Élelmiszer-biztonság és minőség II. , Élelmiszertechnológiák, Mezőgazda Kiadó kiadása. p. 150-152.

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

1. Friedrich L., Balla Cs., Vén Cs., (2006) Új pácolási technológia fejlesztése és alkalmazása a páclé diffúziója növelésére a termék állományának és anyagkihozatalának javítására
2. Friedrich L., Balla Cs., Horváth K., (2006) Előhűtött nyers darált marhahús eltarthatóságának növelése kombinált tartósítási módszerekkel
3. Friedrich L., Balla Cs., Vén Cs., (2006) Marhahús érlelésének innovatív fejlesztése új érlelési technológia kidolgozása

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

1. Nyers pulyka (alsó, felső comb, felső comb filé és szárny) termékek csomagolásának vizsgálata az elszíneződés és a romlási folyamatok csökkentése érdekében
2. Nyers pulyka (alsó, felső comb, felső comb filé és szárny) termékek csomagolásának vizsgálata az elszíneződés és a romlási folyamatok csökkentése érdekében
3. Darált marhahúsok csomagolástechnológiájának és eltarthatóságának vizsgálata (Gazdaságos, Standard, Fitt) tárolási próbával egybekötve 0-2 és 5°C-on
4. Előhűtött ponty és busa védőgázos és vákuumos technológiával összehasonlítva csomagolásának vizsgálata a jegeléses tárolási
5. Védőgázos csomagolású feldolgozott húskészítmények optimális gázösszetételének meghatározása
6. Vákuumos csomagolású friss húsok esetén a csontos részek okozta vákuumhiba minimalizálása

7. Friss húsok vákuumsomagolása esetén a lékiválást minimalizáló anyag/technológia kidolgozása
8. Védőgázos csomagolású friss húsok optimális gázösszetételének meghatározása
9. Különböző zsírtartalmú darált marhahúsok eltarthatóságának növelése védőgáz és adalékanyagok felhasználásával
10. Friss nagydarabos húsok vákuumsomagolása esetén a lékiválást minimalizáló anyag/technológia kidolgozása
11. Fluoreszcencia módszerének alkalmazástechnikai kutatása és fejlesztése friss húsok és sajtok minőségi jellemzőinek és minőségváltozásának meghatározására
12. Védőgázos csomagolású darált pulyka felsőcomb avasodási mértékének csökkentése adalékanyagok és csomagolóanyagok felhasználásával
13. Jégpelyhen tárolt ponty és busa szelet vizsgálata különböző tárolási körülmények között
14. Hűtő- és fagyasztó pultok, ill. szigetek hőkamerás feltérképezése
15. Hűtőlánc élelmiszerbiztonsági feltételeinek innovatív fejlesztése a hűtött élelmiszerek idő- és térbeli hőmérsékletprofiljának monitorozása
16. Előhűtött csomagolt és csomagolatlan sertés húsok hőmérséklet változásának vizsgálata különböző tartózkodási hőmérsékleteken (12 és 20°C)
17. Sütőkemence hőmérséklet-eloszlásának feltérképezése termoelem és hőkamera alkalmazásával
18. Közeli infravörös spektroszkópia (NIR) módszerének alkalmazástechnikai kutatása és fejlesztése friss húsok minőségi jellemzőinek és minőségváltozásának meghatározására
19. Savanyított tejszínkészítmény (tejföl) termékpozicionálása
20. Hűtött és fagyasztott termékek élelmiszerbiztonsági feltételeinek fejlesztése élelmiszerek infravörös hőmérsékleti a kereskedelmi hűtőbútorokban lévő Monitorozásával
21. Édesvízi halak szállíthatósági és forgalmazási paramétereinek kidolgozása
22. Közeli infravörös spektroszkópia (NIR) módszerének alkalmazástechnikai kutatása és fejlesztése friss húsok minőségi jellemzőinek és minőségváltozásának meghatározására
23. Savanyított tejszínkészítmény (tejföl) termék- pozicionálása
24. Hűtött és fagyasztott élelmiszerek élelmiszerbiztonsági feltételeinek innovatív fejlesztése a kereskedelmi hűtőbútorokban lévő élelmiszerek térbeli hőmérsékletprofiljának termokamerás monitorozásával
25. Nagy nedvességtartalmú növényi termékek nyitott polcon történő gyors fonnyadását gátló technológia és technika kutatása, alkalmazás-technológiai fejlesztése
26. Védőgázos csomagolású nyers baromfi húsok eltarthatósági idő- gázösszetétel-hőmérséklet kapcsolat meghatározása az eltarthatósági idő és az élelmiszerbiztonság növelése céljából
27. Hűtött és fagyasztott élelmiszerek élelmiszerbiztonsági feltételeinek innovatív fejlesztése a kereskedelmi hűtőbútorokban lévő élelmiszerek térbeli hőmérsékletprofiljának termokamerás monitorozásával
28. Hűtőlánc élelmiszerbiztonsági feltételeinek innovatív fejlesztése a hűtött élelmiszerek idő- és térbeli hőmérsékletprofiljának monitorozásával
29. Hűtőlánc élelmiszerbiztonsági feltételeinek innovatív fejlesztése a hűtött élelmiszerek idő- és térbeli hőmérsékletprofiljának monitorozásával

30. Csomagolás nélküli előhűtött húsok, húskészítmények és saláták hűtőpulti tárolási módjának innovatív fejlesztése a fizikai és mikrobiológiai állapotjellemzők javítására
31. Mono- és polipropilén tálcák összehasonlítása sertés és marhahúsok fizikai, kémiai és mikrobiológiai állapotának, valamint a tálcák gázzáró képességének tekintetében
32. Világítótestek hőszigetelésének hatása a termékek felületi hőmérsékletére
33. Védőgázos darált marhahúsminiók védőgáz összetételének és mikrobiológiai állapotának vizsgálata
34. Hűtött élelmiszerek melegedésének vizsgálata a környezeti hőmérséklet függvényében II.
35. Hűtött élelmiszerek melegedésének vizsgálata a környezeti hőmérséklet függvényében III.
36. Hűtött élelmiszerek melegedésének vizsgálata a környezeti hőmérséklet függvényében IV.
37. Pulyka kábításának innovatív fejlesztése, paramétereinek optimalása a kábultság és a húsminió tekintetében
38. Hűtött és fagyasztott élelmiszerek élelmiszerbiztonsági feltételeinek innovatív fejlesztése a háttérhűtőkben tárolt élelmiszerek térbeli hőmérsékletprofiljának termokamerás monitorozásával
39. Hűtött termékek élelmiszerbiztonsági feltételeinek innovatív fejlesztése a kereskedelmi hűtőlánc elemei idő- hőmérsékletprofiljának rádiófrekvenciás monitorozásával
40. Hűtött és fagyasztott élelmiszerek élelmiszerbiztonsági feltételeinek innovatív fejlesztése a háttérhűtőkben tárolt élelmiszerek térbeli hőmérsékletprofiljának termokamerás monitorozásával
41. Hűtött és fagyasztott élelmiszerek élelmiszerbiztonsági feltételeinek innovatív fejlesztése a kereskedelmi hűtőláncban lévő élelmiszerek idő- és térbeli hőmérsékletprofiljának hőmérsékletregisztráló rádiófrekvenciás mérőkártyás monitorozásával