



Élelmiszertudományi Kar

Doktori értekezés tézisei

**NAGY HIDROSZTATIKUS NYOMÁSÚ TECHNOLÓGIA
ALKALMAZÁSÁNAK HATÁSAI NÉHÁNY ÉLELMISZER
MIKROBIOLÓGIAI ÁLLAPOTÁRA ÉS MÁS
MINŐSÉGJELLEMZŐIRE**

**Készítette:
Kálmánné Tuboly Eszter**

**Konzulens:
Prof. Farkas József
MTAT**

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

Budapest, 2009

A doktori iskola

megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

tudományága: Élelmiszertudományok

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

Témavezető: Dr. Farkas József
emeritusz professzor, MHAS
Budapesti Corvinus Egyetem
Élelmiszertudományi Kar
Hűtő- és Állatitermék Technológia Tanszék

A doktori iskola- és a témavezető jóváhagyó aláírása:

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



.....

Az iskolavezető jóváhagyása



.....

A témavezető jóváhagyása

Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben világszerte egyre fokozódó fogyasztói igény mutatkozott a minimálisan feldolgozott, kiváló minőségű és mikrobiológiailag biztonságos élelmiszerek iránt. Ez az igény új technológiák alkalmazására sarkalja az élelmiszeripart, a hagyományos eljárásokat új módszerekkel kombinálják, vagy váltják fel. Az új technológiák közül leginkább a nem hőkezelési eljárásokon alapuló élelmiszer feldolgozási módszerek felé fordul a figyelem, mivel ezektől a hőkezelés káros hatásainak kiküszöbölését várják. A nagy hidrosztatikus nyomású technológiát tekintik az egyik legígéretesebb nem-termikus élelmiszertartósítási eljárásnak. A nagy hidrosztatikus nyomásos kezelés számos előnnyel rendelkezik a hagyományos, hőkezeléses módszerekkel szemben. Általánosságban elmondható, hogy a nyomáskezelés inaktiválja a mikroorganizmusokat, módosítja a biopolimereket, ideértve az enziminaktivációt, fehérje denaturációt és a gélképződést, módosítja a víz fizikokémiai tulajdonságait, de kevésbé érinti a vitamin tartalmat, a szín-, íz-, és illatanyagokat. Mivel az élelmiszerekben a hidrosztatikus nyomás azonnal és egész tömegében egyenletesen érvényesül, ezért a kezelés hatása nem függ az élelmiszer méretétől és alakjától. A nyomáskezelés hatékonyságát befolyásolja az alkalmazott nyomás nagysága, a kezelési idő hossza, a nyomás-növelés és a nyomás-csökkentés sebessége, a berendezésben kialakuló hőmérséklet eloszlás és a kezelési hőmérséklet. További befolyásoló tényezők a kezelni kívánt élelmiszer összetétele, pH-ja, vízaktivitása és kiindulási hőmérséklete.

Bár a technológia első alkalmazására mintegy 100 évvel ezelőtt sor került, a módszer alkalmazásában nem történt előrelépés egészen 1990-ig, amikor is az első nagynyomásos kezeléssel tartósított termékek piacra kerültek Japánban. Az utóbbi 20 évben számos jelentős technológiai fejlesztés történt a nagynyomásos berendezések területén, valamint a kezelések mikroorganizmusokra gyakorolt hatásainak felderítésében. Számos különböző élelmiszert kezeltek már a nagynyomásos technológia segítségével. A gyümölcs alapú termékek az elsők között voltak, amik piaci bevezetésre kerültek Japánban. Napjainkban számos nyomáskezelt termék található világszerte a kereskedelmi forgalomban, úgymint gyümölcslevek, pürék, lekvárok, joghurtok, stb. Ezek a termékek a nyomáskezelés mellett más olyan paraméterekkel is rendelkeznek (kis pH, hűtve tárolás) melyekkel együtt a mikrobiológiai biztonság és a stabilitás elérhető. Az egyes élelmiszer-összetevők vizsgálatából nyert részletes információk ellenére lehetetlen előre jelezni az összes komplex kölcsönhatást az élelmiszerek különböző összetevői között. Ezért a vizsgálatokat magukon az élelmiszereken kell elvégezni, hogy a nagynyomásos kezelés egyes hatására létrejött változások természete és ezek hatása az egyes élelmiszerek tulajdonságaira megállapíthatóak legyenek.

Célkitűzés

A nagy hidrosztatikus kezelés élelmiszeriparba való bevezetése széles kutatási területet kínál. Dolgozatomban néhány olyan élelmiszer vizsgálatát végeztem, melyeknél a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés potenciálisan szóba jöhet. Minden esetben az adott élelmiszer vagy élelmiszeripari alapanyag minőségére legnagyobb befolyással levő paraméterekben bekövetkezett változásokat igyekeztem nyomon követni. Vizsgáltam, hogy a kezelések a választott paraméterek mellett javítják-e adott termék mikrobiális állapotát, valamint történik-e más olyan változás, ami az eltarthatóságot vagy a fogyasztói preferenciát befolyásolhatja.

Anyagok és módszerek

A kiválasztott alapanyagok, illetve az ezeken végzett vizsgálatok a következők szerint alakultak:

- A húsipari félkész és késztermékek alapjául szolgáló szeparált pulykahúspép 200 MPa, 20 perces, szobahőmérsékleten való nyomáskezelése, majd 4°C hőmérsékleten történő 15 napos tárolása után mikrobiológiai vizsgálatokat végeztem, melynek során megállapítottam az összcsíraszámot, az enterobaktériumok számát, a kóliformok és az *E. coli* legvalószínűbb számát. Mivel a szeparált húspép a feldolgozás során több prooxidáns hatásnak van kitéve, ezért lipidoxidációs, valamint koleszterin oxidációs vizsgálatokat is végeztem.
- Az erősen romlandó csirkemájat, mely önálló termékként, vagy húsipari termékek alapanyagaként is forgalomba kerül, 200 MPa, 300 MPa és 400 MPa-on, 20 percig szobahőmérsékleten kezeltem, majd mikrobiológiai (összcsíraszám, enterobaktériumok, kóliformok, *E. coli*), lipid oxidációs és koleszterin oxidációs vizsgálatokat végeztem. Ez utóbbiak a csirkemáj magas koleszterin tartalma miatt is fontosnak bizonyultak. A vizsgálatok a színparaméterekben bekövetkezett változások vizsgálatával egészültek ki.
- A jelentős fogyasztói preferenciával rendelkező darált marhahús 200 MPa illetve 300 MPa, 20 perces, szobahőmérsékleten történő nyomáskezelése, majd 4°C hőmérsékleten történő 15 napos tárolása után mikrobiológiai vizsgálatokat (összcsíra, kóliformok, *E. coli*), fehérje denaturációs vizsgálatokat (DSC), valamint a vörös húsok esetén az elszíneződés jelensége miatt színmérést is végeztem.
- Nyers tehéntejen a 200, 400, 600, 800 MPa, 5 perces időtartamú nagynyomásos kezeléseket a pasztörözés hatásával hasonlítottam össze közvetlenül a kezelés után, valamint az 1 hétig tartó hűtve tárolás (4°C) alatt. Ennek során vizsgáltam az összcsíraszám alakulását, a fehérje

denaturációt (PAGE), színmérést végeztem, valamint elektronikus orral az illóanyag komponensekben a kezelések hatására bekövetkező változásokat követtem nyomon.

- A tyúktojás, funkcionális tulajdonságai miatt igen elterjedten használt élelmiszer komponens, melynek 300, 400, és 500 MPa 5 perces szobahőmérsékleten történt nyomáskezelése után egy kiterjedtebb vizsgálat sorozat részeként fehérje denaturációs vizsgálatokat (DSC), valamint színmérést végeztem.
- A szárocát, amely az élelmiszeripar értékes alapanyaga, számos termék összetevője, és amelynek eltarthatósága igen korlátozott, 400MPa és 600 MPa 5 perces nyomáskezelésnek vettem alá, majd 2 napig 4°C-on tároltam. A minimálisan feldolgozott gyümölcsöknek a friss tulajdonságok megtartása mellett a megfelelő mikrobiológiai biztonságot és a kényelmes eltarthatósági időt kell biztosítaniuk. Jelen vizsgálatok során *Enterococcus faecalis*-t, mint gram pozitív, patogén mikrobát helyettesítő mikroorganizmust alkalmaztam, mely egy széles körűen elterjedt mikroba, megtalálható a talajban és a természetes vizekben, a nagy hidrosztatikus nyomással szemben igen nagy rezisztenciát mutat. Munkám során vizsgáltam, hogy a teljes szárocaszemet a nyomáskezelés hogyan befolyásolja, és a szároca felületére oltott *Enterococcus faecalis* a nyomáskezelés sikeresen inaktiválja-e. Különböző nyomás nagyság (100-600 MPa), kezelési hőmérséklet(20°C, 4°C, -20°C),és pH (7.2, 4.5) együttes hatását vizsgáltam *Enterococcus faecalis* kultúrán, meghatároztam az inaktiváció mértékét és a sérült sejtek arányát.

A kísérleti minták nyomáskezelését FoodLab 900 (Stansted Fluid Power Ltd, Stansted, U.K.) típusú berendezéssel végeztem.

Az aerob mezofilok és az enterobaktériumok számának meghatározására lemezöntéses eljárást alkalmaztam, míg a kóliformok és az *E. coli.* számát MPN módszerrel, táplevesben határoztam meg.

A tiobarbitursav reaktív anyagok mennyiségének meghatározása (TBA szám) Newburg és Concone módszere alapján történt. A képződött koleszterin oxidációs termékek vékonyréteg kromatográfiás módszerrel lettek elválasztva. Az egyes oxiszterinek mennyiségét enzimatikus eljárással állapítottam meg.

A kezeletlen és nyomáskezelt minták (darált marhahús, tojásfehérje) DSC analízisét „MicroDSC III” típusú mikrokaloriméteren (SETARAM) végeztem.

Mivel a nyomáskezelt tejminták esetén a DSC vizsgálatok nem hoztak értékelhető eredményt, ezért ebben az esetben poliakrilamid gél elektroforézis eljárást alkalmaztunk.

A nagynyomásos kezelések hatására bekövetkező színváltozásokat Minolta CR-200 típusú tristimulusos színmérő készülékkel követtem nyomon, ahol az értékek CIE Lab L* (világossági tényező), a* (vöröses színezet), b* (sárgás színezet) lettek kifejezve.

A tejmintákban a különböző nyomáskezelések, valamint a hőkezelés által okozott komplex illóanyag összetevők változásának nyomon követésére elektronikus orrot (AppliedSensor) használtam.

Eredmények

Mikrobiológiai vizsgálatok

A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés élelmiszerek mikrobiális állapotára gyakorolt hatását szeparált pulykahús, csirkemáj, darált marhahús és nyers tej esetén vizsgáltam. A mikrobiológiai vizsgálatok közül az aerob mezofil baktériumok számát minden esetben, az enterobaktériumok számát szeparált pulykahús és csirkemáj esetén, míg a kóliformok és az *E. coli* legvalószínűbb számát szeparált pulykahús, csirkemáj és darált marhahús eseteiben állapítottam meg. Szeparált pulykahús esetén a 200 MPa nyomáskezelés közvetlen hatásaként az összcsíraszámban 1 nagyságrendnyi csökkenést tapasztaltam, míg az enterobaktériumokat, kóliformokat és az *E. coli*-t már ez az alacsony nyomásértéken végzett kezelés is a kimutathatósági határérték alá csökkentette. A 15 napos tárolás során a kontrol mintában minden vizsgált mikrobacsoport elszaporodott, míg a kezelt mintákban a tárolás kezdetén megállapított értékekhez képest nem tapasztaltam változást.

A nyomáskezelt csirkemáj mikrobiológiai vizsgálatain során az alkalmazott nyomás növelésével növekedett a mikroflóra inaktivációjának mértéke. Míg szeparált pulykahús esetén már 200 MPa nyomáskezelés segítségével eliminálhatónak bizonyultak az enterobaktériumok és a kóliformok, addig máj esetén ez 300-400 MPa nyomásértékeknél következett be. A megfigyelt különbség eredhet a kezdeti mikrobaszámokban jelentkező különbségből (a máj szennyezettebb volt), vagy visszavezethető a két különböző minta különböző összetételére. Vizsgálataim során a darált marhahús mikroflóráját a 200 MPa illetve 300 MPa nyomáskezelés egyaránt két-két nagyságrenddel csökkentette. A 15 napos hűtve tárolás során a nyomáskezelést túlélő mikrobacejtek ismét elszaporodtak, a darált marhahús minták eltarthatósága nem érte el a két hetet. A kezeletlen mintákban $6 \cdot 10^2$ számban jelen levő kóliformok száma a kezeléseket követően a kimutathatósági határérték alá esett, és a 15 napos tárolás során sem mutatott növekedést. Mivel a tárolás során a kezeletlen mintában sem voltak kimutathatók a kóliformok, ezért feltételezhető, hogy hiányuk nem elsősorban a nyomáskezelés hatásának eredménye, hanem feltehetően a vákuumcsomagolt minták tárolása során elszaporodott tejsavbaktériumok által metabolizált antibakteriális anyagcsere termékekre mutattak érzékenységet.

A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés nyerstej mikrobiológiai állapotára gyakorolt hatásáról megállapítottam, hogy a nyomáskezelés nagyságának növelésével növekedett az aerob mezofil baktériumok inaktivációjának mértéke. Míg a 200 MPa nyomáskezelés még nem mutatott szignifikáns csökkenést az összcsíraszámában, addig a 400 MPa, 600 MPa, 800 MPa nyomáskezelések több nagyságrenddel növelték a mikroba inaktivációt. A minták hűtve tárolása során a kezelések hatására a baktériumok szaporodása késleltetődött, a 400 MPa, 600 MPa, és 800 MPa-on kezelt minták eltarthatósága a hőkezelt mintánál lényegesen hosszabbnak bizonyult.

A szamóccával kapcsolatos nagy hidrosztatikus kezeléssel vizsgálatok során tanulmányoztam a nagynyomásos kezelés alkalmazhatóságát szamóca esetén, és megvizsgáltam az *Enterococcus faecalis* nyomástűrését különböző pH és hőmérséklet értékek esetén. A jelen kísérletben alkalmazott *Enterococcus faecalis* különösen nyomástűrő, a megelőző kísérletek során szamóccába oltva hűtőszekrény hőmérsékleten (4°C) a savas közeg (pH 3.6) ellenére szaporodásra képesnek bizonyult. Ennél a kísérletnél a rövid idő kiemelt jelentőséget kapott, mivel korábbi kísérletek bizonyították, hogy a rövid kezelési idő mellett a szamóca kedvező fizikai tulajdonságai megőrizhetőek. A szamócaszemek felületére oltott *Enterococcus faecalis* számában 400 MPa és 600 MPa 5 perces nyomáskezelést követően 5-6 nagyságrendnyi csökkenés mutatkozott. A 48 órás tárolás során (4°C) újbóli mikrobanövekedés nem volt tapasztalható. Az *Enterococcus faecalis* sejtek semleges közegben (pH 7.2) nyomástűrőnek bizonyultak, 600 MPa kezelés után mutatkozott 4 nagyságrendnyi mikrobaszám csökkenés, ami a tárolási idő során enyhe növekedést mutatott, a szubletálisan sérült sejtek száma csökkent. Savas körülmények között (pH 4.5) az *Enterococcus faecalis* sejtek a nyomásra érzékenyebbé váltak, alacsonyabb nyomáson (400 MPa) inaktiválódtak, a sérült sejtek a tárolás során nem tudtak felépülni. A semleges és alacsony pH mellett végzett kísérletek eredményeit összehasonlítva megállapítható, hogy a nagynyomásos kezelés során szubletálisan sérült sejtek alacsony pH mellett nem képesek a sérülések javítására. A -20° C-on kezelt, fagyasztott mintákban szignifikáns mikrobaszám csökkenés nem mutatkozott.

Lipidoxidációs vizsgálatok

A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés lipid oxidációra vonatkozó hatásait szeparált pulykahús pép valamint csirkemáj esetében vizsgáltam. Szeparált húsonál a lipid oxidáció mérése nagy jelentőségű, hiszen ezen feldolgozási mód során a hús több prooxidáns hatásnak van kitéve. Csirkemáj esetén a magas koleszterin tartalom miatt fontos a lipid oxidáció nyomon követése. Mindkét alapanyag esetén TBA érték, valamint a képződött koleszterin oxidációs termékek meghatározására került sor. Mindkét vizsgálati anyag esetén megállapítottam, hogy a nagy hidrosztatikus nyomás a lipid oxidációt felgyorsította. Míg a csirkemáj TBA értéke a vizsgált nyomáskezelések közül 400 MPa-on mutatott drasztikus növekedést, addig a szeparált pulykahús

esetén már az egyedül alkalmazott 200 MPa nyomáskezelés is jelentősen megnövelte a TBA értéket. Ezt indokolhatja a szeparált húsok feldolgozási módja, valamint a zsírtartalom (9,16%). A koleszterin oxidációs termékek mennyiségének változása a vizsgált anyagokban, tendenciájában megfelelt a TBA értékek esetén megfigyelt változásoknak. A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés a koleszterin oxidációs termékek növekedését okozta. Szeparált pulykahús esetén a 200 MPa nyomáskezelés is nagy arányú növekedést okozott az összes oxiszterinek mennyiségében. Az egyes keletkezett oxidációs származékok között volt a 7α -hidroxikoleszterin, a 7β -hidroxikoleszterin és a 7-ketokoleszterin. Csirkemáj esetén a 400 MPa nyomáskezelés okozott nagymértékű növekedést az összes oxiszterin mennyiségében. Ebben az esetben a fenti oxidációs termékeken kívül megjelent a kolesztán- 3β , 5α , 6β -triol valamint a koleszterin- 5α , 6α -epoxid is.

Fehérjedenaturációs vizsgálatok

A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés fehérje denaturációra kifejtett hatását darált marhahús, tojásfehérje és nyers tej minták esetén vizsgáltam. A darált marhahús és a tojásfehérje fehérje frakcióiban a nagy hidrosztatikus nyomás hatására bekövetkező változásokat DSC termogram felvételével analizáltam. A fő fehérjefrakcióknak megfelelő endotermikus csúcsok jól azonosíthatónak bizonyultak. A nagynyomásos kezelés lényeges változásokat okozott a marhahús DSC termogramján, a miozin részben, az aktin tartalom közel teljes egészében denaturálódott 300 MPa nyomáskezelést követően. Tojásfehérje esetén az 500 MPa-on kezelt minta termogramja szinte teljesen ellaposodott, a konalbumin csúcsa gyakorlatilag nem észlelhető, az ovalbumin még minimális denaturációt mutatott. A nyomáskezelt tejminták esetén poliakrilamid gél elektroforézisos eljárást alkalmaztunk. A tejminták elektroforetikus mintázatának értékelése után elmondható, hogy a nagynyomásos kezelés hatására a nyomáskezelés mértékének növelésével növekvő mértékben denaturálódtak a tejminták egyes fehérje frakciói. Míg a kazein és az α -laktalbumin tartalom a nyomás növelésével változatlan maradt, addig a β -laktoglobulin két izomerje a nagynyomásos kezelésre érzékenynek bizonyult, 600 MPa-nál a β -laktoglobulin A denaturálódott.

Színmérés

A nagynyomásos kezelésekre hatására bekövetkező színváltozásokat csirkemáj, darált marhahús, tojásfehérje és tojássárga, valamint nyers tej esetében vizsgáltam.

A nyomáskezelt csirkemáj minták L^* értéke minden esetben jelentős mértékben nőtt, a máj kifakulása szemmel látható volt. Az a^* és b^* értékek is kisebb mértékű növekedést mutattak.

A nyomáskezelt marhahús mintában drasztikus színváltozások történtek, az L^* és b^* értékek nagymértékben megnövekedtek, főtt húshoz hasonló szín alakult ki, ami az oximioglobinnal metmioglobinnal átalakulásra vezethető vissza. Nyomáskezelt tojásfehérje vizsgálata során azt

tapasztaltam, hogy a világossági tényező (L^*) 400 MPa és 500 MPa kezelések után nagymértékben növekedett, a b^* értékekben pedig jelentős csökkenés volt kimutatható. Ezeken a nyomásértékeken a tojásfehérje fő fehérje frakciói, az ovalbumin és a konalbumin részlegesen vagy teljes egészében denaturlódtak, ezek a változások követhetőek nyomon a színparaméterek alakulásában. A nyomáskezelt tojássárga minták mindhárom szín jellemzője szignifikáns csökkenést mutatott a kezeletlen mintákéhoz képest. A színmérés eredmények alapján megállapítottam, hogy a tehéntej színét a nagy nyomásos kezelés nagymértékben nem befolyásolta. A nyomás növekedésével az L^* értékek esetén kis mértékű csökkenés, míg az a^* értékek esetén enyhe növekedés volt tapasztalható.

Elektronikus orr mérések

Az elektronikus orr mérések és kemometriás kiértékelésük arra engednek következtetni, hogy a tej illóanyag komponenseiben a nagy nyomás hatására változások történtek, az egyes kezelések hatásai jól elkülöníthetőnek bizonyultak.

Összefoglalás és javaslatok

Megállapítható tehát, hogy a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés a mikroorganizmusok számát a vizsgálati anyagokban hatékonyan csökkentette. A szeparált pulykahús és csirkemáj esetében a nyomáskezelés által kiváltott lipioxidáció limitálhatja a technológia alkalmazhatóságát. Feltételezhető, hogy antioxidánsok hozzáadásával ezek a folyamatok megakadályozhatóak, de a megfelelő antioxidáns kiválasztására és helyes adagolására vonatkozó további kutatások lennének szükségesek. Csirkemáj és darált marhahús esetén tapasztalt kedvezőtlen színváltozások a nyomáskezelt termék bevezetését megakadályozó tényező lehet. A tojásfehérje és a darált marhahús fehérjefrakcióiban bekövetkezett részleges vagy teljes nem-termikus denaturáció a funkcionális tulajdonságok változásához vezethet, ami új típusú termékek fejlesztését teheti lehetővé. A tejfehérje frakciók közül csak a β -laktoglobulin bizonyult érzékenynek a nagy hidrosztatikus nyomásra, ami az allergénmentes tejtermékek előállításában juthat fontos szerephez. A nagy nyomással kezelt szamóccával végzett kísérletek azt mutatták, hogy a kezelés javította a szamóca, mint minimálisan feldolgozott élelmiszer élelmiszerbiztonságát és minőségét. Az a megfigyelés, miszerint a mikrobák már alacsonyabb nyomásértékeken is sérülést szenvednek, kombinált kezelések lehetőségéhez vezet. A nyomáskezelést megelőzően savas közeg (pH 4.5) hatásának kitett *Enterococcus faecalis* sejtek alacsonyabb nyomásértékeken inaktiválhatóknak bizonyultak, mint a semleges közegben (pH 7.2) tartott sejtek. A fentiek alapján elmondható, hogy az ipari körülmények között alkalmazható rövid idejű, magas nyomáskezelés alkalmas a nyomásnak igen ellenálló *Enterococcus faecalis* inaktiválására alacsony pH-val rendelkező élelmiszerek esetén. A

kielégítő eredmény eléréséhez minden esetben meg kell határozni a megfelelő tárolási körülményeket is.

Összefoglaló, általános következtetésként megállapítható, hogy a nagy hidrosztatikus nyomású kezeléssel élelmiszer technológiák gyakorlatilag megvalósítandó megoldásai terméktípusonkénti optimalizálást igényelnek. A módszer mikrobiológiailag hatékony és minőségkímélő, de további kutatások szükségesek a nyomáskezelt készítmények tárolás közbeni, főként oxidációs folyamatokkal és a szubletálisan sérült, túlélő mikrobák regenerációjával kapcsolatos változások megelőzésének megállapításához.

Tekintettel a további kutatások szükségességére, a nyomáskezeléssel technológia jelenlegi költségeire és kapacitásának korlátaira, elmondható, hogy belátható időn belül nem fogja nagy méretekben felváltani a hagyományos tartósítási eljárásokat, de új változatokat kínálhat, és megtalálhatja a helyét a jó minőségű és drága élelmiszerek egyre bővülő piacán.

Új tudományos eredmények

1. Kimutattam, hogy a nagynyomásos kezelés során szubletálisan sérült *Enterococcus faecalis* sejtek alacsony pH mellett nem képesek a sérülések javítására.
2. Megállapítottam, hogy a nagynyomásos kezelés már alacsony nyomásértékeken is felgyorsította a lipioxidációt, koleszterin oxidációs termékek keletkezését is kiváltotta a szeparált pulykahús és csirkemáj mintákban.
3. Kimutattam, hogy a nyomáskezelés az általam alkalmazott paraméterek mellett kedvezőtlenül befolyásolta a csirkemáj és a darált marhahús minták színének alakulását.
4. Megállapítottam, hogy a nyomáskezelt tejminták az illóanyag komponensekben bekövetkezett változások alapján elektronikus orral jól elkülöníthetőnek és megkülönböztethetőnek bizonyultak.

Publikációs lista:

Impakt faktoros folyóiratcikkek:

FRIEDRICH, L., TUBOLY, E., PÁSZTOR-HUSZÁR, K., BALLA, CS., VÉN, CS. (2009): Non-destructive measurement of rind thickness of dry sausage using ultrasound technique. *Acta Alimentaria* 38 (megjelenés alatt).

ANDRÁSSY, É., FARKAS, J., SEREGÉLY, ZS., DALMADI, I., TUBOLY, E., LEBOVICS V. (2006): Changes of hen eggs and their components caused by non-thermal pasteurizing treatments. II. Some non-microbiological effects of gamma irradiation or hydrostatic pressure processing on liquid egg white and egg yolk. *Acta Alimentaria*. Volume 35(3) 305-318 p.

SEREGÉLY, ZS., FARKAS, J., TUBOLY, E., DALMADI, I. (2006): Investigating the properties of egg white pasteurized by ultra-high hydrostatic pressure and gamma irradiation by evaluating their NIR spectra and chemosensor array sensor signal responses using different methods of qualitative analysis. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. Volume 82,115-121 p.

TUBOLY, E., LEBOVICS, V.K., GAÁL, Ö., MÉSZÁROS, L., FARKAS J. (2003): Microbiological and lipid oxidation studies on mechanically deboned turkey meat treated by high hydrostatic pressure. *Journal of Food Engineering*. Volume 56 (2-3), 241-244 p.

HASSAN, Y., MÉSZÁROS, L., SIMON, A., TUBOLY, E., MOHÁCSI-FARKAS, CS., FARKAS J. (2002): Comparative studies on gamma radiation and high pressure induced effects on minced beef. *Acta Alimentaria*. Volume 31(3), 253-264 p.

Idegen nyelvű, nem impakt faktoros folyóiratcikkek:

DALMADI, I., SEREGÉLY, ZS., FARKAS, J., TUBOLY, E. (2007): Evaluating the near-infrared spectra of egg white pasteurised by ultra-high hydrostatic pressure and gamma irradiation using different methods of qualitative analysis. *NIR News* Volume 18 (2), 7-9 p.

Konferenciakiadványok, magyar nyelvű teljes anyag:

PÁSZTORNÉ HUSZÁR K., KONCZ K.-NÉ, TUBOLY E. (2004): Nagy hidrosztatikus nyomás hatása a nyers tehéntej néhány fizikai-kémiai tulajdonságára és mikrobiológiai állapotára. *Proceedings XXX. Óvári Tudományos Napok*, Congress Proceedings CD, Mosonmagyaróvár 2004 10.7

Konferenciakiadványok, magyar nyelvű összefoglaló:

FARKAS J., ANDRÁSSY É., LEBOVICS V., MÉSZÁROS L., HORTI K., TUBOLY E., DALMADI I., SEREGÉLY ZS. (2005): Tyútktojás és komponensei változásai nem-termikus pasztöröző kezelések hatására. *Összefoglaló „Lippay János-Ormos Imre-Vas Károly” Tudományos Ülésszak* 2005 október 19-20, Budapest

BOGNÁR J., KISKÓ G., TUBOLY E. (2003): Nagy hidrosztatikus nyomás kezelés hatása *Listeria monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 és *Bacillus cereus* túlélésére tejben. *Összefoglaló „Lippay János-Ormos Imre-Vas Károly” Tudományos Ülésszak* 2003 november 6-7, Budapest

TUBOLY E. (2001): Nagy hidrosztatikai nyomással és ionizáló sugárzással kezelt pulykahús szeparátum mikrobiológiai és lipidperoxidációs változásának vizsgálata. *Folia Hepatologica*. 2001. Vol. 6. (1)

Konferenciakiadványok, nemzetközi konferencia, teljes anyag:

TUBOLY, E., PÁSZTOR-HUSZÁR, K., DALMADI, I., FARKAS, J. (2004): Studies on bovine milk treated by high hydrostatic pressure. *Congress Proceedings "2nd Central European Congress on Food"* Budapest, Hungary 26-28 April 2004

TUBOLY, E., HORVÁTH, K., BALLA, CS. (2006): Monitoring the temperature of chilled meat products in a hypermarket chain by using infrared thermo camera. *„Proceedings of the 3rd Central European Congress on Food"* Sofia, Bulgaria 22-24. May 2006 126 p.

FRIEDRICH, L., TUBOLY, E., SIRÓ, I., DALMADI, I., BALLA, CS. (2006): Changes in physico-chemical characteristics of fish-meat under different storage temperatures and packaging conditions. „ *Proceedings of the 3rd Central European Congress on Food*” Sofia, Bulgaria 22-24. May 2006 1-8 p.

FRIEDRICH, L., VÉN, CS., TUBOLY, E., BALLA, CS. (2006): Effect of ultrasound on the diffusion process rate during curing of longissimus dorsi. „ *Proceedings of the 3rd Central European Congress on Food*” Sofia, Bulgaria 22-24. May 2006 1-8 p.

FRIEDRICH, L., TUBOLY, E., HUSZÁR, K., BALLA, CS. (2006): Non-destructive measurement of the callus sausage by using an ultrasound technique., *Proceedings of the 3rd Central European Congress on Food*” Sofia, Bulgaria 22-24. May 2006 1-8 p.

Konferenciakiadványok, nemzetközi konferencia, összefoglaló:

SEREGÉLY, ZS., KAFFKA, K., FARKAS, J., TUBOLY, E., DALMADI, I.(2004): Monitoring the properties of egg white pasteurized by high hydrostatic pressure and gamma irradiation by evaluating their NIR spectra and chemosensor array sensor signal responses using different methods of qualitative analysis. *Proceedings of International Conference on Chemometrics and Bioinformatics in Asia*. Shanghai, China 16-20 October 2004

TUBOLY, E., PÁSZTOR-HUSZÁR, K., DALMADI, I., FARKAS, J.(2004): Studies on bovine milk treated by high hydrostatic pressure. Book of abstracts ”2nd Central European Congress on Food” Budapest, Hungary 26-28 April 2004

TUBOLY, E., FARKAS, J., MÉSZÁROS, L., POLYÁK, K.F., SIMON A. (2004): Changes of egg properties induced by high hydrostatic pressure or gamma irradiation. *The Safe Consortium „Novel (mild) preservation technologies in relation to food safety” Fosare Seminar Series 4*, Brussels, Belgium, January 22-23, 2004

TUBOLY, E., FARKAS, J., MÉSZÁROS, L., POLYÁK, K.F., SIMON, A. (2003): Properties of egg white and egg yolk pasteurized by high hydrostatic pressure or gamma irradiation. Book of Abstracts „*1st International Symposium on Recent Advances in Food Analysis*”, Prague, Czech Republic, November 5-7,2003

TUBOLY, E., MCCLURE, P., NEBE-VON-CARON, G. (2003): Effects of high hydrostatic pressure treatments on *Enterococcus faecalis* and fresh or inoculated strawberries. *Abstracts of the 14th International Congress of the Hungarian Society for Microbiology*, Balatonfüred, Hungary, October 9-11, 2003

KISKÓ, G., BOGNÁR, J., TUBOLY, E. (2003): Effect of fat content of milk on the survival of pathogens during high hydrostatic pressure treatments. *Abstracts of the 14th International Congress of the Hungarian Society for Microbiology*, Balatonfüred, Hungary, October 9-11, 2003