

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Jónás Gábor

Budapest

2021



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

A NAGY HIDROSZTATIKUS NYOMÁSKEZELÉS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA A HÚS PÁCOLÁSA SORÁN

Jónás Gábor

Budapest

2021

A doktori iskola

Megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

Tudományága: Élelmiszertudományok

Vezetője: Simonné Dr. Sarkadi Livia
Egyetemi tanár
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Témavezető: Dr. Friedrich László Ferenc
Egyetemi tanár
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

A doktori iskola- és a témavezető jóváhagyó aláírása:

A jelölt a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, a műhelyvita során elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....
A Doktori Iskola vezetőjének jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A hús sózása, pácolása világszerte ismert, több ezer éves múltra visszatekintő tartósítási mód, amely során só és adalékanyagokat juttatunk a nyers hús belsejébe. Ez elősegíti a termék állományának, színének, ízének, valamint mikrobiológiai stabilitásának kialakítását. A só húsba való bejutása és a húsban való egyenletes eloszlása, a sókoncentráció kiegyenlítődése a páclé és a hús közötti sótartalom különbség hatására kialakuló anyagtranszport jelenségnek, a diffúzióknak köszönhető. Ez egy természetes jelenség, ami normál körülmények között igen lassú folyamat. A pácolás gyorsítására ezért olyan technikákat dolgoztak ki, mint pl. az injektálás vagy tumblerezés, amelyek a hús szerkezetének jelentős roncsolásával érik el a páclé gyorsabb bejutását és a sókoncentráció kiegyenlítődéset. A húsipari pácolási technológia korai fejlesztései gyakorlatilag ezeknek a berendezéseknek a továbbfejlesztését, gazdaságosabb üzemvitelűvé tételét jelentették. Mára a kutatási és fejlesztési irányokat kiszélesítették és kíméletesebb technikák alkalmazását és azok hatásait is vizsgálni kezdték. Ilyenek pl. az aktív ultrahang (Friedrich, 2008; Siró et al., 2009), a vákuum alatt végzett pácolás (Körmendy, 1991), vagy a pulzáló elektromos erőter (McDonnell et al., 2014). Ebbe a sorba illeszthető be a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés, ami egy nem-termikus, kíméletes tartósítási mód. Élelmiszeripari alkalmazására manapság egyre több példa található pl. a frissen facsart, tartósítószermentes gyümölcslevek, smoothie-k, avokádókrém, vagy a szelelt, csomagolt prémium sonkafélék területéről. A nyomáskezelés fő célja az élelmiszer mikrobiológiai biztonságának növelése a romlást, megbetegedést okozó mikroorganizmusok inaktiválása révén. Erre a nyomáskezelés jól alkalmazható, számos tanulmány támasztja alá mikrobiológiai hatékonyságát. Egyéb célból történő alkalmazására azonban kevesebb példa található. Szórványosan lelhetők fel tanulmányok, amelyek a nyomáskezelésnek pl. az anyagtranszportra gyakorolt hatását vizsgálják. Ilyen pl. Rastogi és Niranján (1998) ananással, Sopanangkul et al. (2002) burgonyával, vagy Villacis et al. (2008) pulykamellel végzett kísérleti munkája, akik azt találták, hogy vizsgálati alapanyagaikban a mérsékelt nyomáskezelés (≤ 300 MPa) gyorsította a technológia szempontjából fontos komponensek diffúzióját.

Mivel a hús pácolása során a só diffúziója a húsba nagyon lassú folyamat, ezért érdemesnek tartom azt vizsgálni, hogy a mérsékelt nyomáskezelés hatással van-e a só- és víz diffúziójára, a húsfehéj-jék állapotára, a hús mikrostruktúrájára és a technológiai szempontból fontos minőségi mutatókra nézve a nyomáskezelés nélkül, normál körülmények között végzett pácoláshoz képest. Ezért kísérleti célkitűzéseim a következők:

1. A nyomáskezelést ún. nyomásközvetítő közegben pl. vízben, propilén-glikolban stb. végzik. A kilúgozódás, a kereszt- és utófertőzés elkerülése érdekében a húst a nyomáskezelés előtt csomagolni szükséges. Ezt általában vákuumcsomagolással oldják meg, de a csomagolásba folyadék, pl. páclé is tölthető és a nyomáskezelés így is végezhető. **Célkitűzésem annak vizsgálata, hogy milyen hatása van a hús és páclé közötti sókiegyenlítődéssre, a só- és víz diffúzióra, a húsfehéj-jék állapotára, a mikroszerkezetre és a hús technológiai és minőségi mutatóira nézve, annak, ha**
 - a) a nyomáskezelést páclébe csomagolt húson végzem,
 - b) a húst először nyomáskezelem majd ezt követően pácolom.
2. A bevezetésben említésre került szakirodalmi adatok alapján a mérsékelt nyomáskezelés (≤ 300 MPa) hatásosnak bizonyult bizonyos komponensek diffúziójának gyorsítására.

Ezért célkitűzésem annak vizsgálata, hogy a 100, 200 és 300 MPa nyomásoknak milyen hatása van a hús pácolása szempontjából fontos hús és páclé közötti sókiegyenlítődésre, a só- és víz diffúziójára, a húsfehérjék állapotára, a mikroszerkezetre és a hús technológiai és minőségi mutatóira nézve.

- Az 1. és 2. pontokban ismertetett nyomáskezelés és pácolás műveleteket 5 m/m% és 10% m/m% sókoncentrációjú páclevekben végzem, amivel **célom annak vizsgálata, hogy a páclé sókoncentrációjának a mérsékelt nyomásokkal kombinálva milyen hatása van a hús és páclé közötti sókiegyenlítődésre, a só- és víz diffúziójára, a húsfehérjék állapotára, a mikroszerkezetre és a hús technológiai és minőségi mutatóira nézve.**

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kutatási munka során kísérleti alapanyagként post-rigor állapotú sertéskarajt (*m. Longissimus dorsi*) használtam (pH $5,56 \pm 0,02$). Az alapanyagból $d=18$ mm átmérőjű és $h=30$ mm magasságú húshengereket vágtam ki a rostiránnyal párhuzamosan.

A húshengereket három részre osztottam, amelyeket **(i)** páclében nyomáskezelésre, **(ii)** nyomáskezelést követő pácolásra és **(iii)** nyomáskezelés nélkül, normál körülmények között végzett pácolásra használtam fel. Utóbbiak **(iii)** szolgáltak kontroll mintaként. A **(i)** páclében nyomáskezelés során a húshengereket páclével töltött, lezárt PE tasakban 100, 200 és 300 MPa nyomásokon, 5°C-on, 1, 3, 5, 10 és 15 perc nyomáson tartási idővel kezeltem. A **(ii)** nyomáskezelést követő pácolás során a hús alapanyagot 100, 200 és 300 MPa nyomáson, 5°C-on, 5 percig kezeltem, majd ezt követően pácoltam. A **(iii)** nyomáskezelés nélkül végzett pácolás során a pácolást a hús nyomáskezelése nélkül végeztem, 5°C-on. A pácolásokat mindhárom **(i-iii)** esetben 5 m/m% és 10 m/m% sókoncentrációjú páclevekben végeztem, amit nátrium-kloridból állítottam elő. A hús – páclé arány minden esetben 1:4 volt. A nyomáskezeléseket Hiperbaric 135 (Hiperbaric, Burgos, Spanyolország) nagy hidrosztatikus nyomáskezelő berendezésben végeztem.

Az elvégzett méréseket és számításokat az alábbi témakörök köré csoportosítottam:

- Só és víz diffúzió számítása
- Fehérjeszerkezet és mikrostruktúra vizsgálata
- Technológiai és minőségi tulajdonságok vizsgálata

A só diffúziójának számításához szükséges sótartalom meghatározást Mohr módszere alapján, a víz diffúzió számításához szükséges nedvességtartalmat pedig 105°C-on, tömegállandóságig szárítással végeztem. A só diffúziós számításához a kiegyenlítődési sótartalmat Körmeny (1991) alapján számítással és kísérleti úton is meghatároztam. A víz diffúzióhoz szükséges kiegyenlítődési nedvességtartalmat kísérleti úton határoztam meg. A hús pácolása során a só és víz diffúziójának leírására a Fick II. törvényéből származtatott modelleket használtam ([1] – [3]).

$$\frac{C_t - C_0}{C_\infty - C_0} = 1 - e^{-\left(\frac{tD_s}{l^2}\right)^\beta} \quad [1] \text{ (Martuscelli et al., 2017)}$$

$$\frac{C_t - C_0}{C_\infty - C_0} = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{\mu_n^2} \exp\left(-\mu_n^2 \frac{D_s t}{R^2}\right) \quad [2] \text{ (Abbasi Souraki et al., 2012)}$$

$$\frac{C_t - C_0}{C_\infty - C_0} = 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(\frac{-D(2n+1)^2\pi^2 t}{R^2}\right) \quad [3] \text{ (Telis et al., 2003)}$$

A modellek alkalmazásánál abból a feltevésből indultam ki, hogy a húshengerekben a palásthöz képest a véglapok felülete elhanyagolható, vagyis csak sugárirányú, hengerszimmetrikus diffúzió történik és a húshengeren kívül a páclé sókoncentrációja állandó. A rostokkal párhuzamos irányú diffúzió hatását a só és nedvességtartalom meghatározás során a henger véglapjainak levágásával igyekeztem csökkenteni. Az egyenletekben a sótartalom (C) helyére nedvességtartalmat (X) helyettesítve számoltam a víz diffúziós tényezőjét (D_v). A diffúziós tényező (D) értékét MS Excel 365 szoftver SOLVER bővítményével nem lineáris ARG módszerrel optimalizáltam úgy, hogy a mért és a számított só és víztartalom értékek közötti négyzetes eltérések összegének gyökét (Root Mean Squares of Error, $RMSE$) minimalizáltam. Az illeszkedés „jóságát”, a modell és a mért adatok kapcsolatának erősségét a determinációs együttható (R^2) értékével jellemeztem.

A fehérjeállapot vizsgálatát SETARAM MicroDSC III (SETARAM Instrumentation Caluire, Franciaország) termoanalitikai berendezésben végeztem 25-90°C tartományban, 1°C/perc felfűtési sebességgel. A fehérjeállapothoz kapcsolódóan in vitro emésztési modellkísérletet végeztem Minekus et al. (2014) módszere alapján. A gyomor és vékonybél fázis emésztett húsmintáinak molekulatömeg szerinti szétválasztását poliakrilamid-gélelektroforézissel (SDS PAGE) végeztem. A húsminták mikrostruktúrájának feltérképezését fixált, dehidratált metszeteken végeztem Thermo Scientific™ Prisma™ E SEM (Waltham, Massachusetts, USA) pásztázó elektronmikroszkóppal.

A technológiai mutatók közül az egyik legfontosabb a vízkötő képesség, ami a nemzetközi szakirodalomban „Water Binding Capacity”-ként (WBC) ismert kifejezés. Ez azt mutatja meg, hogy a húsminták a kiindulási tömegükre vetítve mennyi vizet, illetve páclevet [%] képesek felvenni a különböző nyomáskezelési-pácolási művelet kombinációk eredményeként. A minőséget jellemző paraméterek közül a húsminták állományának jellemzésére állományprofil analízist (TPA) végeztem egy 500 N-os erőmérő cellával felszerelt SMS TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd. Godalming, Surrey, UK) berendezéssel. Az állományt a TPA görbékről meghatározott keménységgel és kohezivitással jellemeztem. Az objektív színezet vizsgálatát Konica Minolta CR400 (Konica Minolta Inc., Japán) típusú tristimulosos színmérő készülékkel végeztem C65 megvilágítással, CI-ELab színingertérben. Az L^* , a^* és b^* színtényezők mellett a húsminták színárnyalatát a színezeti szöggel (angolul hue angle, h°) jellemeztem, mivel a húsvörös színét és fogyasztói megítélését alapvetően a vörös színárnyalatuk határozza meg. A színárnyalatot a sárga (b^*) és vörös (a^*) színtényezők arányából határoztam meg ($h^\circ = \arctan(b^*/a^*)$). A $h = 0^\circ$ jelenti a vörös színárnyaltot, $+90^\circ$ vagy -90° irányába távolodva a vörös színárnyalat egyre csökken és a sárga vagy kék árnyalat lesz a domináns.

A mérési adatok statisztikai értékelését varianciaanalízissel (Analysis of Variance, ANOVA) végeztem IBM SPSS Statistics 20.0 (IBM Corp., USA) programban 95%-os konfidencia intervallummal ($p < 0,05$). Az értékelés független változói a nyomáskezelés-pácolás műveleti sorrendje ((i) páclében nyomáskezelés, (ii) nyomáskezelést követő pácolás, (iii) nyomáskezelés nélküli pácolás), az alkalmazott nyomás (100, 200, 300 MPa) és a páclé sókoncentrációk (5 m/m% és 10 m/m%) voltak. A statisztikai értékelés során a parciális éta négyzet mutatót, mint hatásnagyság

mutatót használtam, ami azt mutatja meg, hogy a független változók a függő változó varianciájának mekkora részét magyarázzák. Ebből a független változók hatásának nagyságára következtettem.

EREDMÉNYEK

A diffúziós tényezők meghatározására használt matematikai modellek közül Martuscelli et al. (2017) modelljének diffúziós eredményeit használtam fel az értékelés során, mivel ez mutatta a legszorosabb kapcsolatot a mért értékekkel. A diffúziós modell lehetővé teszi, hogy előre jelezzük a hús só vagy víztartalmának alakulását és a pácolás időtartamának meghatározását. Az *RMSE* és R^2 alapján a másik két vizsgált modell (Abbasi Souraki et al., 2012; Telis et al., 2004) is alkalmas a diffúzió leírására, ezek is jó illeszkedést és erős kapcsolatot mutattak a mért értékekkel. A só diffúziós tényezői jellemzően a 10^{-9} m²/s, míg a vízé 10^{-8} m²/s nagyságrendbe estek. A só és víz diffúziója közötti különbség részben a molekulatömegük közötti különbségnek, részben pedig a víz immobilis-mobilis formájának tulajdonítható. A számított só és víz diffúziós tényezők alapján az látható, hogy a hús pácolását megelőzően végzett 100 MPa nyomáskezelés gyorsítja a diffúziós folyamatokat: a hús nyomáskezelése nélkül végzett pácoláshoz képest 1,4-1,7-szer gyorsabb só-diffúzió és 1,7-1,9-szor gyorsabb vízdifúzió látható, páclé sókoncentrációtól függően. A pácolást megelőző 100 MPa nyomáskezelés azonban nemcsak a nyomáskezelés nélküli, hanem a 200 MPa és 300 MPa kezelésekhöz képest is gyorsabb só és víz diffúziót eredményezett. Azonban a páclében történő nyomáskezelések esetén a diffúziós folyamatok lassabbnak, bizonyos esetben 70%-kal lassabbnak bizonyultak a nyomáskezelés nélkül végzett pácoláshoz képest.

A kísérlet során felhasznált nyers sertéskaraj fő fehérjecsoportjainak denaturációs csúcshőmérsékletei 51,1°C (miozin), 60,9°C (szarkoplazmafehérjék és kollagén) és 73,3°C (aktin) hőmérséklet értékeknél voltak azonosíthatók. A fehérjék állapotának megváltozásában a páclevek sókoncentrációjának hatása megmutatkozott. A nyomáskezelés nélkül 10 m/m%-os páclében végzett pácolás esetén már egy viszonylag rövid ideig, 7 percig tartó pácolás hatására a miozin és aktin denaturációját tapasztaltam, ami a kisózás jelenségével („*salting-out*”) hozható összefüggésbe. A nyomáskezelés hatása szignifikánsnak bizonyult a fehérjék állapotára nézve. Már a 100 MPa kezelés is a fő fehérfrakciók denaturációs csúcshőmérsékletének eltolódását, csökkenését eredményezte, ami a fehérjeszerkezetben bekövetkezett változásra utal. A 200 és 300 MPa nyomáskezelések hatására a miozin csúcsa teljesen eltűnt, míg az aktiné a szarkoplazmafehérjék csúcsával olvadt össze, ami ezek denaturációját jelenti. A húsfehérjék állapotára nézve az alkalmazott nyomások hatása erőteljesebbnek bizonyult, mint a páclé sókoncentrációja. A nyomás denaturáló hatása szignifikánsnak is bizonyult.

A fehérjék szerkezetének megváltozása, a fehérjék „kitekeredése” egy nagyobb felületen hozzáférhető tápanyagot biztosít, aminek az emésztés szempontjából nagy jelentősége van. A nyomáskezelésen-pácoláson átesett húsminták *in vitro* emésztését (gyomorfázis) követően elvégzett SDS PAGE elválasztási képei alapján a miozin könnyű láncú fehérjéinek, a troponin-T, az aktin és a miozin nehéz láncú fehérjesávjainak intenzitásában volt csökkenés megfigyelhető. Ez arra utal, hogy ezek a fehérjék az emésztés során kisebb molekulatömegű komponensekre, peptid méretűre bomlottak. Ilyen kisebb molekulatömeget mutató, ún. diffúz sávok a 200 és 300 MPa, 13 perc művelti idejű nyomáskezelések esetén voltak láthatóak. Ezek a kis méretű molekulák a tápcsatornában való felszívódás szempontjából kedvezőbbek a szerkezet számára, mint a nagyobb, komplex molekulák. A nyomáskezelés időtartamának nem mutatkozott hatása a kisebb molekulatömegű

anyagok képződésére, ezáltal a húsfehérjék gyomorban történő emészthetőségre. Érdeemes megjegyezni azonban azt, hogy az emésztési kísérletben vizsgált pácolt alapanyag ebben a formájában még nyers anyagnak tekintendő, ami attól függően, hogy milyen jellegű termék, pl. szárazsonka, vagy főtt, pácolt áru készül belőle, a gyártástechnológia további szakaszaiban éri el a fogyasztásra alkalmas állapotát. Azonban a nyomáskezelésnek már a pácolást követően megmutatkozó kedvező hatása mindenképpen biztató az emészthetőség további alakulására nézve.

A kísérletben elvégzett különböző nyomáskezelés-pácolás kombinációk nem voltak látható hatással a húsrostok morfológiájára a megfigyelt mérettartományban (100 μm). A húsrostok vastagsága összhangban van a felvett páclé és ezáltal a só mennyiségével. A nyomáskezelés-pácoláson átesett minták mindegyike nagyobb rostvastagságot mutatott, mint a nyomáskezelés nélkül pácolt húsminták, ami arra mutat, hogy a nyomáskezelés elősegítheti a páclé húsba való bejutását, előidézve így az ún. duzzadást. A legnagyobb rostvastagságok (>40 μm) a 100 MPa-on nyomáskezelt-pácolt húsminták esetében voltak megfigyelhetők, amiből a többi kezeléshez képesti nagyobb páclé felvételre következtethetünk. A hús mikrostruktúrájának változásai szorosan kapcsolódnak a hús technológiai szempontból fontos jellemzőinek, pl. a vízkötő- és víztartó képesség, valamint a hús állományának kialakulásához.

A húsok technológiai és minőségi szempontból fontos tulajdonságai a vízkötő képesség, az állomány és a szín. A hús vízkötő képessége a só és víz pácléként történő felvételének képességét jelenti. Ennek a főtt sonkafélék gyártása során van nagy jelentősége, mivel a felvett páclé alakítja ki a termékre jellemző ízt, színt és állományt, valamint a kihozatalra is pozitív hatással van. A 100 MPa-on nyomáskezelt majd ezt követően pácolt húsok a kiindulási tömegük 9,3-10,1%-ának megfelelő mennyiségű páclevet voltak képesek felvenni, ami jóval nagyobb érték a nyomáskezelés nélkül pácolt húsokhoz (7,2-8,2%), valamint a 200 és 300 MPa-on nyomáskezelt húsokhoz (5,9-7,2%) képest is. A páclében nyomáskezelt húsok esetében azonban a kezeléseket kedvezőtlenül hatottak a hús páclé felvételére. Ezeknél csak 5,1-7,0%-os páclé felvétel volt látható. A hús vízkötő képessége és állománya között kapcsolat fedezhető fel. A nagyobb vízkötő képességű húsok, kisebb keménység értékeket mutattak. Ennek magyarázata lehet, hogy a nagyobb mennyiségű páclé „hígítja” a hús alkotókat, ami kisebb keménységértéket, vagyis puhább húst eredményezett. A nyomáskezelés hús színére gyakorolt hatásában az irodalmi adatokkal összhangban lévő eredmények mutatkoztak. A nyomás növekedésével – a nyomáskezelés-pácolás műveleti sorrendjétől függetlenül – a hús világosodása és a vörös szín intenzitásának csökkenése volt megfigyelhető.

A diffúzió, fehérjeszerkezet, mikrostruktúra és technológiai eredmények alapján arra következtek, hogy a hús pácolás előtt végzett nyomáskezelése hasznos kiegészítése lehet a hagyományos pácolási műveleteknek a nagyobb a só- és vízdifúzió, a vízkötő vagy páclé felvevő képesség javítása és a puhább állomány elérése érdekében. Az alkalmazott nyomást azonban körültekintően kell megválasztani (100 MPa, 5 perc, 5°C), mert az ettől nagyobb nyomás hátrányosan hat a difúzióra és az említett tulajdonságokra.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Elsőként bizonyítottam, hogy a nyomáskezelés és pácolás műveleti sorrendje befolyásolja a só és víz diffúzióját sertéskaraj esetében.

A sertéskaraj 100 MPa, 5 perc, 5°C-on történő nyomáskezelését követő 5 m/m% sókoncentrációjú páclében pácolása 1,7-szer gyorsabb só és 1,9-szer gyorsabb vízdifúziót, 10 m/m% sókoncentrációjú páclében pácolása pedig 1,4-szer gyorsabb só és 1,7-szer gyorsabb víz difúziót eredményez a nyomáskezelés nélkül, vagyis normál körülmények között végzett pácoláshoz képest.

2. Megállapítottam, hogy a só és víz diffúziójának legpontosabb predikcióját Martuscelli et al. (2017) modellje szolgáltatja.

Megállapításomat illesztés és kapcsolat erősség (R^2) vizsgálatokra alapoztam, melyek alátámasztást nyertek a gyakorlati mérésekkel történő összehasonlításban, tehát ez a modell alkalmas leginkább a hús só és nedvességtartalmának pontos előrejelzésére a pácolás során, valamint a pácolási idő meghatározására.

3. Megállapítottam, hogy a nyomáskezelés és pácolás nem okoz morfológiai elváltozást a sertéskaraj mikrostruktúrájában.

Megállapításomat pásztázó elektronmikroszkópos felvételekre alapozom, amelyeken az 5 m/m% és 10 m/m% sókoncentrációjú páclében 100-300 MPa-on nyomáskezelt, illetve a 100-300 MPa nyomáskezeléseket követően 5 m/m% illetve 10 m/m% sókoncentrációjú páclében pácolt sertéskarajok 100 μ m mérettartományú rostjai sérülésmentesek, épek voltak.

4. Megállapítottam, hogy a páclében történő nyomáskezelés hatással van a sertéskaraj *in vitro* emészthetőségére.

A sertéskarajban az 5 m/m% sókoncentrációjú páclében történő 200 és 300 MPa nyomáskezelés hatására a miozin könnyű láncú fehérjéi, a troponin-T, az aktin és a miozin nehéz láncú fehérjéi az *in vitro* gyomoremsztés során 10 kDa alatti, peptid méretű komponensekre bomlanak, amelyek méretüknél fogva kedvezőbbek a tápcsatornában való felszívódás szempontjából, mint a nagyobb molekulatömegű fehérjék.

5. Megállapítottam, hogy a nyomáskezelés és pácolás műveleti sorrendje hatással van sertéskaraj vízkötő képességére.

Megállapításomat arra alapozom, hogy a sertéskaraj pácolása előtt végzett 100 MPa nyomáskezelés szignifikánsan nagyobb vízkötő képességet eredményez, mind a 200 és 300 MPa kezelekhez, mind a páclében végzett 100-300 MPa nyomáskezelésekhez képest.

6. Megállapítottam, hogy nyomáskezelés és pácolás műveleti sorrendje, az alkalmazott nyomás, a páclé sókoncentrációja és a nyomáskezelés-pácolás időtartama befolyásolja a sertéskaraj keménységét.

Megállapítottam, hogy az alkalmazott 100-300 MPa nyomásoknak és az 5 m/m%, 10 m/m% páclé sókoncentrációknak szignifikáns hatása van, és a hatásnagyság vizsgálat alapján bizonyítottam, hogy a nyomáskezelés és pácolás műveleti sorrendjének és időtartamának hatása a legérőteljesebb a sertéskaraj keménységére nézve.

7. Megállapítottam, hogy a nyomáskezelés és pácolás műveleti sorrendje, az alkalmazott nyomás, a páclé sókoncentrációja és a nyomáskezelés-pácolás időtartama befolyásolja a sertéskaraj világosságát és vörös színezetét.

Megállapításomat hatásnagyság (parciális éta négyzet) vizsgálat eredményeire alapozom, amely alapján a sertéskaraj világosságára (CIELab, L*) és a vörös színezetet kifejező színezeti szögre (h°) az alkalmazott nyomás hatása a legnagyobb.

PUBLIKÁCIÓK

Impakt faktoros folyóiratcikk

G, Jonas ; B, Csehi ; P, Palotas ; A, Toth ; Gy, Kenesei ; K, Pasztor-Huszar ; L, Friedrich
Combined effects of high hydrostatic pressure and sodium nitrite on color, water holding capacity and texture of frankfurter
JOURNAL OF PHYSICS-CONFERENCE SERIES 950 Paper: 042006, 6 p. (2017)
IF 0,45

Visy, Anna ; Jónás, Gábor ; Szakos, Dávid ; Horváth-Mezőfi, Zsuzsanna ; Hidas, Karina Ilona ; Barkó, Annamária ; Friedrich, László
Evaluation of ultrasound and microbubbles effect on pork meat during brining process
ULTRASONICS SONOCHEMISTRY Pre-proof Paper: 105589 (2021)

IF 6,513

Gy, Kenesei ; **G, Jónás** ; B, Salamon ; I, Dalmadi
Thermograms of the combined High Hydrostatic Pressure and Sous-vide treated Longissimus dorsi of pork
JOURNAL OF PHYSICS-CONFERENCE SERIES 950 p. online Paper: 042007 , 7 p. (2017)
IF 0,45

Siró István; Vén Csilla; Balla Csaba; **Jónás Gábor**; Zeke Ildikó; Friedrich László:
Application of an ultrasonic assisted curing technique for improving the diffusion of sodium chloride in porcine meat
JOURNAL OF FOOD ENGINEERING (0260-8774): 91 2 pp 353-362 (2009)
IF 2,87

Csehi B; Szerdahelyi E; Pásztor-Huszár K; Salamon B; Tóth A; Zeke I; **Jónás G**;
Friedrich L: Changes of protein profiles in pork and beef meat caused by high hydrostatic pressure treatment
ACTA ALIMENTARIA: AN INTERNATIONAL JOURNAL OF FOOD SCIENCE (0139-3006 1588-2535): 45 4 pp 565-571 (2016)
IF 0,357

Castillo Argüello Louis; Németh Csaba; Németh Zoltán; Tóth Kálmán; **Jónás Gábor**; Friedrich László; Póti Péter: Nagy hidrosztatikus nyomás hatása az élelmiszerek mikrobiológiai állapotára: laboratóriumi és félüzemi készüléken mért eredmények
MAGYAR ÁLLATORVOSOK LAPJA (0025-004X): 136 8 pp 473-478 (2014)
IF 0,185

Surányi József; **Jónás Gábor**; Balla Csaba; Németh Csaba; Felföldi József; Friedrich László:
Sertéskaraj márványozottságának és egyéb minőségi jellemzőinek vizsgálata
MAGYAR ÁLLATORVOSOK LAPJA (0025-004X): 136 8 pp 479-484 (2014)
IF 0,185

Visy, Anna ; Csonka, Judit ; Hidas, Karina Ilona ; **Jónás, Gábor** ; Friedrich, László
Examination of the parameters of active ultrasound treatment for the quality of curing
JOURNAL OF HYGIENIC ENGINEERING AND DESIGN 30 pp. 120-124. , 5 p.
(2020)
IF 0,17

Visy, Anna ; Hidas, Karina Ilona ; Surányi, József ; **Jónás, Gábor** ; Friedrich, László
Monitoring of salt content during the dry salting of ham
PROGRESS IN AGRICULTURAL ENGINEERING SCIENCES 16 : S2 pp. 45-54. ,
10 p. (2020)

Konferencia kiadványok

Magyar nyelvű (összefoglaló)

Tóth, Adrienn ; Friedrich, László ; **Jónás, Gábor** ; Salamon, Bertold ; Németh,
Csaba
Frissen préselt narancslé eltarthatóságának növelése HHP-technológia alkalmazásá-
val
In: Mizsey, Péter; Bokrossy-Csiba, Mária; Töröcsváryné, Kovács Zsuzsanna
(szerk.) Műszaki Kémiai Napok 2015: Chemical Engineering Days 2015 : Confe-
rence Proceeding
Veszprém, Magyarország : Pannon Egyetem, (2015)

Friedrich, László ; **Jónás, Gábor** ; Csehi, Barbara ; Tóth, Adrienn
A nagy hidrosztatikus nyomáskezelés élelmiszer-biztonsági és technológiai vonatko-
zásai
In: Halász, Anna (szerk.) A Magyar Tudományos Akadémia Kémiai Osztály Élelmi-
szertudományi Tudományos Bizottság 369. Tudományos Kollokvium előadásainak
rövid kivonata 340. füzet
(2017) pp. 3-3. , 1 p.

Tóth, Adrienn ; Németh, Csaba ; **Jónás, Gábor** ; Kenesei, György ; Friedrich,
László
HHP, egy innovatív technológia a élelmiszer-tartósításban, ipari alkalmazhatóság
bemutatása frissen préselt levek esetében
In: Ács, Kamilla; Bencze, Noémi; Bódog, Ferenc; Haffner, Tamás; Hegyi, Dávid;
Horváth, Orsolya Melinda; Hüber, Gabriella Margit; Kovács, Áron; Kis Kelemen,
Bence; Lajkó, Adrienn; Schilli, Gabriella Krisztina; Szendi, Anna; Szilágyi, Tamás
Gábor; Varga, Zoltán (szerk.) Book of abstracts - Absztraktkötet : V. Interdiszcipli-
naris Doktorandusz Konferencia

Nemzetközi konferencia (összefoglaló)

G. Jonas, B. Csehi, B. Salamon, Gy. Kenesei, I. Zeke, K. Pasztor-Huszar, L. Friedrich
Effect of high hydrostatic pressure on salt diffusion and technological properties of
pork meat
In: Institute, of Physics Chinese Academy of Sciences Center for High Pressure Sci-
ence & Technology Advanced Research Southern University of Science - Book of
abstracts; The 26th International Conference on High Pressure Science & Techno-
logy (AIRAPT 26)Beijing, Kína (2017)

Visy, Anna ; Csonka, Judit ; Hidas, Karina Ilona ; Friedrich, László ; **Jónás, Gábor**
Combined effect of various nitrite concentration and high pressure treatment on
functional characteristics of raw meat batter pp. 97-98. , 2 p.
In: Kakurinov, Vladimir (szerk.) NUTRICON 2018 Book of Abstracts
Skopje, Macedónia : Consulting and Training Center KEY, (2018)
IF 0,17

Visy, Anna ; Csonka, Judit ; Hidas, Karina Ilona ; Friedrich, László ; **Jónás, Gábor**
Effect of high pressure treatment on physical properties of raw meat batter
In: Monostori, Tamás (szerk.) 16th Wellmann International Scientific Conference :
Book of Abstracts
Hódmezővásárhely, Magyarország : Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági
Kar, (2018) pp. 97-97. , 1 p.

Barbara, Csehi ; Emőke, Szerdahelyi ; Csaba, Németh ; **Gabor, Jónás** ; Bertold, Sa-
lomon ; Klára, Pásztor-Huszár ; László, Friedrich
Increasing the microbiological stability of blood (as food industrial by-product) by
high hydrostatic pressure treatment
In: Institute, of Physics Chinese Academy of Sciences Center for High Pressure Sci-
ence & Technology Advanced Research Southern University of Science - Book of
abstracts; The 26th International Conference on High Pressure Science & Techno-
logy (AIRAPT 26)
Beijing, Kína (2017) pp. 539-539. , 1 p.

B., Csehi ; K., Pásztor-Huszár ; B., Salamon ; A., Tóth ; I., Zeke ; **G., Jónás** ; L.,
Friedrich
The analysis of protein and physico-chemical changes in high hydrostatic pressure
or heat treated whole milk
In: High Pressure Science and Technology 54th EHPRG International Meeting
(2016) Paper: P 14.8

HIVATKOZÁSOK

- Abbasi Souraki, B., Ghaffari, A., Bayat, Y., 2012. Mathematical modeling of moisture and solute diffusion in the cylindrical green bean during osmotic dehydration in salt solution. *Food and Bioprocess Technology* 90, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.11.015>
- Friedrich L., 2008. Ultrahang alkalmazása húskészítmények minősítésében és gyártástechnológiájában, in: PhD dolgozat. Budapesti Corvinus Egyetem.
- Körmendy, L., 1991. A pácolásnál lejátszódó fizikai folyamatok. II. Húsipari Továbbképző Napok, Pácolt termékek gyártásának elmélete és gyakorlata, I. kötet. p. 78-84.,.
- Martuscelli, M., Lupieri, L., Sacchetti, G., Mastrocola, D., Pittia, P., 2017. Prediction of the salt content from water activity analysis in dry-cured ham. *Journal of Food Engineering* 200, 29–39. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.12.017>
- McDonnell, C.K., Allen, P., Chardonnerau, F.S., Arimi, J.M., Lyng, J.G., 2014. The use of pulsed electric fields for accelerating the salting of pork. *LWT - Food Science and Technology* 59, 1054–1060. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.05.053>
- Minekus, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., Carrière, F., Bouteau, R., Corredig, M., Dupont, D., Dufour, C., Egger, L., Golding, M., Karakaya, S., Kirkhus, B., Le Feunteun, S., Lesmes, U., Macierzanka, A., Mackie, A., Marze, S., McClements, D.J., Ménard, O., Recio, I., Santos, C.N., Singh, R.P., Vegarud, G.E., Wickham, M.S.J., Weitschies, W., Brodkorb, A., 2014. A standardised static in vitro digestion method suitable for food - an international consensus. *Food Funct* 5, 1113–1124. <https://doi.org/10.1039/c3fo60702j>
- Rastogi, N.K., Niranjana, K., 1998. Enhanced Mass Transfer During Osmotic Dehydration of High Pressure Treated Pineapple. *Journal of Food Science* 63, 508–511. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1998.tb15774.x>
- Siró, I., Vén, Cs., Balla, Cs., Jónás, G., Zeke, I., Friedrich, L., 2009. Application of an ultrasonic assisted curing technique for improving the diffusion of sodium chloride in porcine meat. *Journal of Food Engineering* 91, 353–362. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.09.015>
- Sopanangkul, A., Ledward, D., Niranjana, K., 2002. Mass Transfer During Sucrose Infusion into Potatoes under High Pressure. *Journal of Food Science* 67, 2217–2220. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09530.x>
- Telis, V.R.N., Murari, R.C.B.D.L., Yamashita, F., 2004. Diffusion coefficients during osmotic dehydration of tomatoes in ternary solutions. *Journal of Food Engineering* 61, 253–259. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00097-9](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00097-9)
- Telis, V.R.N., Romanelli, P.F., Gabas, A.L., Telis-Romero, J., 2003. Salting kinetics and salt diffusivities in farmed Pantanal caiman muscle. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38, 529–535. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000400012>

Villacís, M.F., Rastogi, N.K., Balasubramaniam, V.M., 2008. Effect of high pressure on moisture and NaCl diffusion into turkey breast. *LWT - Food Science and Technology* 41, 836–844. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.05.018>