

Szakdolgozat

Horváth Zsófia

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Budai Campus
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
alapképzési szak

Fagyasztott hús felengedtetése közben végzett pácolás hatásának vizsgálata

Belső konzulens: Dr. Jónás Gábor

Egyetemi adjunktus

Belső konzulens intézete/tanszéke:

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

Külső konzulens: -

Készítette: Horváth Zsófia

Budapest

2023

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Szak neve: BSc Élelmiszermérnöki
Állattermék technológiák és minőségügy

Szakedolgozat készítés helye: Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia
Tanszék

Hallgató: Horváth Zsófia

A szakedolgozat címe: Fagyasztott hús felengedtetése közben végzett pácolás hatásának vizsgálata

Konzulens: Dr. Jónás Gábor

Külső konzulens esetén tanszéki felelős: -

Beadás dátuma: 2023. november 5.



szakedolgozat készítés helyének vezetője
Dr. Friedrich László



konzulens
Dr. Jónás Gábor



Dr. Friedrich László

Állattermék technológiák és minőségügy ismeretkör felelős

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések	1
2. Irodalmi áttekintés	3
2.1 A pácolás története	3
2.2 A pácolás fogalma, típusai	4
2.3 A pácolás célja, lényege.....	6
2.4 A pácolás során végbemenő folyamatok	7
2.4.1 Színreakciók az eljárás során.....	7
2.4.2 Sódifúzió a pácolás során	10
2.4.3 A diffúziót befolyásoló tényezők	12
2.4.4 A sódifúziót gyorsító eljárások.....	14
2.5 Eddigi tudományos eredmények a felengedetéssel egybekötött pácolás folyamatáról	20
3. Anyagok és módszerek.....	24
3.1 A kísérlet során felhasznált anyagok.....	24
3.2 A kísérlet ismertetése	24
3.3 Alkalmazott mérési módszerek bemutatása	27
3.3.1 Száranyag és nedvességtartalom meghatározása	27
3.3.2 Sótartalom (NaCl) meghatározása.....	27
3.3.3 A kiegyenlítődési só és nedvességtartalom meghatározása	28
3.3.4 A só diffúziós tényezőjének számítása	29
4. Kísérleti eredmények és értékelésük	32
4.1 Sótartalom elemzése a pácolási minták tekintetében	32
4.2 Sódifúzió sebességének elemzése a pácolási minták tekintetében.....	34
4.2.1 Az alkalmazott modellek szerinti értékelése a sódifúzióknak.....	34
4.3 A nedvességtartalom változás elemzése a pácolási minták tekintetében.....	38
4.3.1 Az alkalmazott modellek szerinti értékelése a nedvességtartalom változásnak	39
5. Összefoglalás	42
6. Irodalomjegyzék.....	43
7. Köszönetnyilvánítás	47
8. Nyilatkozatok.....	48

1. Bevezetés és célkitűzések

Választott témám alapját a pácolás képezi, mely módszerről a régmúltban is születtek már feljegyzések, ebből adódóan egy több ezer éves, ősi technológiáról beszélhetünk. A húsrá gyakorolt előnyös tulajdonságainak köszönhetően napjainkban is előszeretettel alkalmazzák a háztartásokban, illetve az iparban is egyaránt.

Pácolt hústermékek előállításához alapanyagként általában sertés, marha és baromfihúst szoktak felhasználni, de jellemzően a hagyományos termékek sertéshúsból készülnek.

A pácolás technológiájának különböző módszerei vannak, például a hagyományos pácolt húskészítményeknél alkalmazható száraz sózás, mely metódussal a parasztonka, vagy a mediterrán sonkák (Pármai, Serrano stb.) gyártásfolyamatában is találkozhatunk. Ekkor a száraz sózás alapanyaga állhat tisztán sóból vagy nitrítés pácából, amellyel a csontos combot vagy lapockát alaposan bedörzsölik. További eljárás a nedves/fedő pácolás, mikor az egyes húsdarabokat oldatba merítik, mely oldat só, nitritet vagy nitrátot tartalmazhat, valamint ezzel a húsok felületét is bevonhatják, dörzsölhetik, ezzel elérve a kívánt pácérettséget. Végül soron említendő módszer a gyorspácolásnak is nevezhető injektálás, mely során az elkészített oldatot fecskendők által tűk segítségével juttatják a húsba, ezzel jelentősen csökkentve a sódiffúziós időt.

Számtalan hasznos tulajdonságát ismerhetjük az élelmiszeriparban az egyes húspácolási módszereknek, például a kívánt ízvilág, vagy a megfelelő szín és állomány kialakítása, mindemellett a jelentős tartósító hatás megemlítése is elengedhetetlen. A só húsba történő bejutására hatást gyakorló tényezők jellemzése nélkülözhetetlen, így kerülhet megemlítésre a hőmérséklet, a hús-páclé aránya, a húsrészek geometriája és a páclé kezdeti sókoncentrációja, mint befolyásoló szempontok. A só bejutásának gyorsítására rengeteg módszert ismerhetünk, melyek feltérképezésekor találkozhatunk a tumblerezés hatásaival, az ultrahang alkalmazásával, nagy hidrosztatikai nyomáskezeléssel és a pulzáló elektromos térrel, mely eljárások a só diffúzióját képesek befolyásolni. Ebbe a sorba illeszthető be a hús fagyasztása és felengedtetése is, ami feltehetőleg a fagyasztás során sérülő sejthártyák következtében képes hatással lenni a só és nedvesség anyagtranszportjára.

Ezért szakdolgozatomban célok a fagyasztás és felengedtetés hatásának vizsgálata a hús száraz sózása során. A sózás hatását a só, illetve nedvesség anyagtranszportjára és a diffúzióra gyakorolt hatásának szempontjából vizsgálom.

Ehhez az alábbi kivitelezésekkel végzek sózási kísérleteket:

- fagyasztott hús felengedtetése közben történő száraz sózás
- fagyasztott, majd felengedtetett hús száraz sózása
- fagyasztás nélküli hús száraz sózása, ami kontroll mintaként szolgál

Vizsgálataimban céloom a húsminták sótartalmának és nedvességtartalmának időbeli nyomon követése, amelyeket felhasználva empirikus és diffúziós matematikai modellek alapján értékelem a hús fagyasztásának és felengedtetésének hatását a só- és nedvesség anyagtranszportjának és diffúziójának szempontjából.

2. Irodalmi áttekintés

2.1 A pácolás története

A pácolásról, mint sok más élelmiszerek tartósítására szolgáló eljárásról elmondható, hogy a legősibb technológiák körébe tartozik. A pácolás eredete több ezer évre visszavezethető, amikor az emberek számára az vált fontossá, hogy biztosítani tudjanak a jövőben elérhető élelmiszert, továbbá tartósítani tudják azt. (Toldrá, 2008)

Feljegyzések szerint Ázsia szikes sivatagjaiban és tengerparti területein alkalmazták először a hús sóval történő pácolását, mikor a húsba alaposan beledörzsölték azt. Ezt az eljárást már ie. 1600-ban is használták az ókori Palesztinában a Holt-tenger nagymértékű sótartalmát kihasználva, de Kínában is kifejlesztették a tengeri só kinyerésére alkalmas eljárást ie. 1200-ban fűt kutak útján. Maga a nitritek és nitrátok húsról gyakorolt érzékszervi hatásait, mint szín és íz anyagok kialakulását az ókori Rómában jegyezték fel.

(Ramarathnam and Rubin, 1994)

Az élelmiszerek szállításával, mely különböző kultúrák és éghajlatok között történt, fontossá vált az áru romlásának megakadályozása, melynek köszönhetően kibővültek a táplálékforrások. Erre a célra különböző módszerek bizonyultak sikeresnek, melyek közül sok még a mai fejlett technológiák mellett is használatban maradtak. A füstölés és főzés alkalmazása a tűz használatával terjedt el, melyek a húsok eltarthatóságát növelték, továbbá a száraz sózás technikáját is használták, ami alapvetően a mediterrán, napos éghajlattal rendelkező térségekben volt fellelhető. Az említett eljárások közé sorolható a hidegben történő tárolás is, mely Észak-Európából származtatható. (Toldrá, 2008)

A száraz sózással történő pácolás élelmiszere gyakorolt hatását a huszadik század végén kezdték el tanulmányozni, mikor a húsok fizikai, kémiai és biokémiai változásait vizsgálták a megfelelő mikrobiológiai stabilitás elérésének érdekében, ezzel elkerülve az egészséget veszélyeztető hatásokat. (Ramarathnam and Rubin, 1994)

2.2 A pácolás fogalma, típusai

A pácolás szóval több területen is találkozhatunk, nem csak az élelmiszerek esetén.

A fémiparban például a pácolás annyit jelent, hogy az oxidokat és a fémes szennyeződésekeltávolítják, ezzel fémesen tiszta felületeket eredményezve. Felfedezhető a faiparban is, ahol a fa erezetének elfedése nélkül színezik át felületi kezelés gyanánt a fát, mint alapanyagot. (Török, 2013), (Szécsi, 2021)

A gasztronómiában a pácolás jelentése, ami a köztudatban elterjedt az emberek közt annyit jelenthet, hogy bármilyen egész húst, legyen az baromfi, sertés, vagy marha fűszerkeverék és olaj elegyével összedolgozzák és kisütik. Ezek a fűszerkeverékek tartalmazhatnak sót, szárított zöldségeket, ízfokozókat, cukrot, étkezési savakat és savanyúságot szabályozó anyagokat, mint a nátrium-diacetát. Azonban az előbb említett eljárás nem a pácolás folyamatát, hanem a marinálást jelenti, melyet sokan összetévesztenek a pácolás fogalmával.



1.ábra: Marinálás szemléltetése adott húsfélén. (internet 1)

A pácolás során kettő anyagot juttathatunk be az alapanyagunkba, magában a sót (NaCl), vagy sót + nitritet, illetve nitrátot, amiket csak pác-só formájában lehet alkalmazni.

Ezeknek a kémia anyagoknak a bejutásával a fogyasztók igényeit tudjuk kielégíteni, hiszen a húsok színváltozását, ízváltozását, illetve puhább állományának kialakítását tudjuk elérni, továbbá a tartósítás megemlézése is elengedhetetlen. (Jo *et al.*, 2020)

A pácolás mellett a pácérettséget is meg kell említeni, mellyel az eljárás hatékonyságát tudjuk ellenőrizni. Ekkor a kész termékünk vágási felületet ellenőrizhetjük, elkerülve ezzel a nyers és halvány eredményt, ami fogyasztásra alkalmatlanná tenné a készítményt.

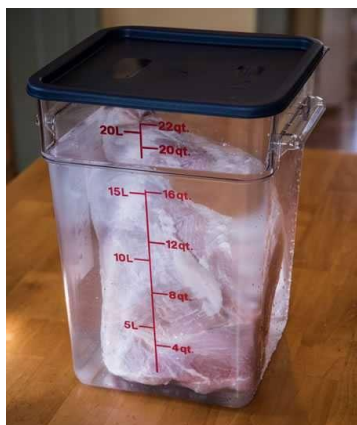
A termék keresztmetszetében vizsgálhatjuk, hogy az élelmiszer átlagos só, illetve nitrit és nitrát tartalma a megfelelő határértékeken belül maradtak-e, így az előírásokat betartva. (Élelmiszerkönyv 1-3/13-1, 2009)

A hús pácolásának három típusát különítjük el: (Élelmiszerkönyv 1-3/13-1, 2009)



2. ábra: Száraz sózás (internet 2)

Egyik ilyen eljárás a száraz sózás, mikor a hús felületének kezelésére, kizárólag kristályos sót alkalmazunk. Ekkor a hús felületét alaposan bedörzsöljük az anyaggal, melyet ezt követően lemosunk, majd ismét sózzunk. Ez a folyamat akár 2 hétig is eltarthat, így az a következtetés vonható le, hogy egy igen időigényes eljárásról van szó.



3. ábra: Nedves/fedő pácolás (internet 3)

A pácolás következő eljárásaként a nedves pácolás, vagy fedő pácolás említendő meg. Ekkor a só oldott állapotban van jelen, mely különbséget jelent a száraz sózáshoz képest. Maga a páclé sóból és vízből áll, melyben hosszú ideig állni hagyjuk a húst a kívánt cél elérésének érdekében.

A harmadik eljárás az injektálás, melyet gyorspácolási folyamatnak lehet nevezni. A művelet során célunk a húsba jutó só bejutását, illetve eloszlását felgyorsítani, mellyel összefüggésben áll a diffúzió útjának lerövidítése is. Ekkor a folyamatnak nem kell a külső felületről a belső térbe vándorolva történnie, hanem célirányosan a hús belsejébe juttatjuk a kívánt anyagot. Az injektálás során sót, nitríteteket, valamint nitrátokat fecskendeznek be az adott alapanyagba, melyhez egyéb összetevők is társulhatnak.



4. ábra: Injektálás (internet 4)

2.3 A pácolás célja, lényege

A pácolás során számtalan tényező elérése a cél az adott alapanyag tekintetében.

Elsődleges feladatunk a pácolás alkalmazásával kívánt anyagok bejuttatása az adott élelmiszerbe, melynek több módját is ismerjük, mint például a száraz sózás, nedves pácolás, illetve injektálás formájában.

Legfőbb célkitűzésünk, hogy a termék teljes térfogatában mindenhol ugyanannyi só arányát tapasztaljuk, hiszen alapvetően a termék külső felületén nagyobb koncentrációban tapasztalhatjuk a só jelenlétét, az alapanyag geometriai középpontjához képest.

További célunk gyorsítani a só bejutását, továbbá eloszlását az adott húsban, mely során a diffúzió jelenségét kívánjuk szorgalmazni. Ennek támogatására számtalan opció áll fenn, különböző diffúziót gyorsító eljárásokat, technológiákat ismerhetünk. Ilyen például a mechanikai erő használatával történő befolyásolás, vagy éppen az ultrahang, illetve a nagy hidrosztatikai nyomás hatásának kihasználása.

Maga a diffúzió egy fázison belül végbemenő anyag- vagy komponenstranszport, melynek hajtóereje a koncentráció különbség. A diffúzió mindig a nagyobb koncentrációjú hely irányából a kisebb koncentráció irányába történik, ami ebben az esetben azt jelenti, hogy a só diffundál be a hús belsejébe. (Domokos, 2009)

A fogyasztók számára a pácolás tartósító hatása is igazán fontos szempont, amit már évszázadok óta sikeresen alkalmaznak a háztartásokban. Maga a tartósítás fizikai és kémiai eljárásnak minősül, mely sztatikus hatást ér el a szervezet számára káros mikrobákkal szemben, hiszen ekkor ugyan pusztítás nem tapasztalható, de a szaporodásra gátló hatással bír. (Simon *et al.*, 2015)

2.4 A pácolás során végbemenő folyamatok

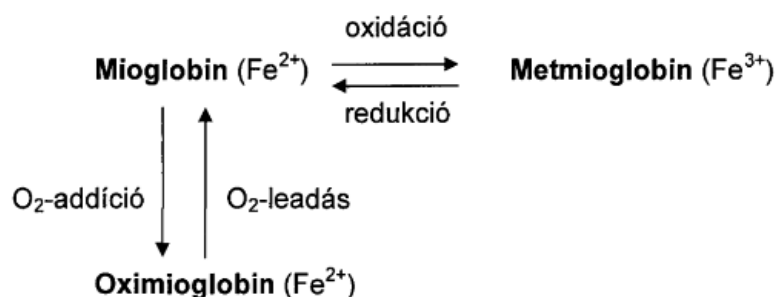
2.4.1 Színreakciók az eljárás során

Napjainkban a pácolást a húsok kívánt színének kialakítására, ízének gazdagítására és állományának lágyítására széles körben alkalmazzák világszerte. A fogyasztók számára a húsok színvilága igen fontos tényezőnek tekinthető a vásárlás szempontjából, hiszen az élelmiszer minőségének, frissességének ez az egyik legfontosabb ismertetőjegye. A húsok színét több tényező is nagy mértékben befolyásolhatja. Ilyen például az állat faja, életkora, takarmányozása, de még a vágásának körülményei is befolyással bírnak. Ha az állatot ekkor túl nagy stressz éri húshibák alakulhatnak ki (PSE; DFD), amik rontják a termék élvezeti értékét. A PSE húsok színe világos, állományuk laza, víztartóképesége pedig gyenge, így nagy mértékű léeresztést tapasztalhatunk. A DFD húsok színe sötét, állományuk pedig sokkal szilárdabb a PSE húsokéhoz képest, így a léeresztés is elenyésző jelenség. (Lesiów and Kijowski, 2003)

Még az egyes húsrészek is más-más színnel rendelkeznek, hiszen míg a sertéscombban a piros szín dominál, addig a karaj halványabb árnyalattal rendelkezik.

A mioglobin, valamint a hemoglobin fehérjék megemlézése elengedhetetlen a színváltozások tekintetében. A húsok színét adó, valamint kiváló vasforrásnak is vehető mioglobin, egy oxigénkötő fehérje, amely a gerincesek izomszövetében található. A vérben a hemoglobin szintén egy oxigénkötő transzportfehérjeként funkcionál, aminek elsődleges feladata a szervek és a környezet közti kapcsolat biztosítása. (Dióspatonyi, 2001)

A száraz sózással kezelt húsok hőkezelését követően a vörös színű húspigmentként funkcionáló mioglobin oxidáció révén metmioglobinná alakul, amely egy barnás-szürkés elszíneződést eredményez a hús felületén, továbbá egy instabil vegyületnek tekinthető.



5. ábra: Az egyes mioglobin pigmentek közt megfigyelhető kapcsolat (internet 5)

A mioglobinból keletkezett metmioglobin mellett oxigénaddícióval oximioglobin is keletkezik, amely a mioglobinhoz hasonlóan szintén kétvegyértékű vasat tartalmaz.

Az oximioglobin a húsok üdítően élénk piros színét kölcsönzi, továbbá rá is szintén megemlítendő, hogy nem rendelkezik kimondottan jó stabilitással.

Elsődleges célunk a fogyasztók számára is hívogató friss cseresznyepiros színekkel rendelkező húsáru kínálása, ami egyszerre stabil is, e miatt egy plusz hozzávaló alkalmazása válik szükségszerűvé. A mioglobinhoz, illetve a hozzá nagyon hasonló tulajdonságokkal bíró hemoglobinhoz nitrogénoxidot kell adni, amely a nátrium-nitritből származtatható.

Az elegyítést követően keletkezett nitrozó-mioglobinból nitrozó-miokromogén keletkezik, ami a húsoknak vörös színt kölcsönöz. Kis mennyiségű nitrit jelenléte is elegendő a kívánt eredmény megvalósításához, azonban a mioglobulinnak csak egy részét képes nitrozó-mioglobulinná alakítani, a további szegmenseit a szürkés-barna hatást okozó metmioglobulinná oxidálja, ami a kereskedelembé szánt húsoknak egy nem kívánatos elváltozása. (Dióspatonyi, 2001)

Ennek elkerülése végett a vákuumcsomagolás a módosított atmoszférás csomagolással vegyítve egy tökéletes megoldást jelent. (Silina *et al.*, 2012)

A pácolt húskészítmények megfelelő csomagolása elengedhetetlen szegmense a tökéletes termék előállításának.

A vákuum csomagolás javára számtalan pozitív jellemvonás felsorolható:

- az eltarthatóság ideje jelentősen meghosszabbodik
- a termék mikrobiológiailag stabil marad, ezáltal elkerülve a fogyasztókat veszélyeztető fertőzéseket
- a termék színe, íze, illata, tehát a kedvező élvezeti értékek is megóvásra kerülnek
- a kedvezőtlen színt okozó metmioglobin képződésének is útját állja, az oxigén kirekesztésével (Narasimha Rao and Sachindra, 2002)

A nyers húsok és húskészítmények vákuumcsomagolásának elkészülését jellemzően annak gáz keverékkel történő megtöltése követi, amit utána hermetikusan zárnak le. Ezt a csomagolási eljárást módosított atmoszférájú csomagolásnak nevezik (MAP).

A műveletnek köszönhetően növekszik a termék eltarthatósága és cserébe nagy mértékben csökken a romlott visszáru mennyisége, aminek következtében a gyártók nagy mértékű profitra tehetnek szert. A MAP hátrányai közé a gázok magas beszerzési ára, illetve a drága beruházási költség említendő meg. (Narasimha Rao and Sachindra, 2002)

A nyers húsok esetében $N_2 + CO_2 + O_2$ keverékét, vagy $N_2 + CO_2$ keverékét szokták alkalmazni, amely közreműködik a húsok élénk pirosas színének megőrzésében a fogyasztók elvárásainak eleget téve.

A húskészítmények gáz keverékéből azonban ki kell hagyni az oxigént, ugyanis az elősegíti a kedvezőtlen színváltozások bekövetkezését. Ezek ismeretében csak $N_2 + CO_2$ keveréke alkalmazható.

A színiaalakításban a páclében megtalálható nitrit fontos szerepet tölt be. A húsiparban önmagában nem alkalmazható, csak is Nátrium-nitrites ($NaNO_2$) sókeverék formájában, mégpedig 99,5 % só és 0,5 % Nátrium-nitrit megoszlással. Önmagában a nitrit karcinogén élettani hatással bír, ugyanis a hemoglobinhoz irreverzibilisen kapcsolódva megszünteti annak oxigénszállító képességét, illetve az aminosavakkal rákkeltő nitrozaminokat képezhet, aminek következtében a társadalmi megítélése igen rossz fordulatot vett az utóbbi időkben. Az előbb leírtak megcáfolása végett azonban elmondható, hogy a nitritek és nitrátok alkalmazás az élelmiszeriparban nagyon komoly előírások és határértékek betartása között zajlik, ezzel is megóvva a fogyasztók egészségét. (Macdougall, Mottram and Rhodes, 1975); (Jo *et al.*, 2020)

A színváltozások mérésére Minolta CR-400 színmérő készüléket alkalmazhatunk, aminek segítségével adatokat kaphatunk az $L^* a^*$, illetve b^* értékéről.

Az L^* a világossági tényezőt jelenti. Minél nagyobb értéket vesz fel, annál világosabb a mintánk és negatív tartományba soha nem kerülhet.

Az a^* vörös-zöld szín kimutatására szolgál, ami (+) értéket mutatva a vörös szín dominanciáját jelenti, míg ha (-) a zöldes árnyalat jelenlétét igazolja.

A b^* a sárga-kék tónusok meglétét mutatja az adott termékben. Ha (+) a b^* , akkor a sárgás szín van jelen, viszont a (-) érték a kékes szín nagyobb mértékben való megjelenését támasztja alá. (Silina *et al.*, 2012)



6. ábra: Minolta CR-400 színmérő berendezés (internet 6)

2.4.2 Sódiffúzió a pácolás során

Mint sok területen a gasztronómiában is megtalálható a diffúzió jelensége, ami számtalan jelentőséggel bír. Ennek révén jöhet létre az anyagok sejtmembránon keresztül történő átáramlása, az alapvető anyagcserefolyamatok, mint a felszívódás, vagy a kémiai reakciók. Pácolás során a hús felületére helyezett só (NaCl) a mikroorganizmusok életfolyamatainak gátlását, illetve az adott ételkészítés tartósítását teszi lehetővé. Ezen tulajdonságok úgy érvényesülhetnek a legjobban, ha diffúzió révén bejut a hús felületéről annak belső rétegeibe, ezzel áthatolva a szöveteken. Alapvetően a húsok elenyészően kicsi sótartalommal bírnak, ami körülbelül 0,1 %-ot jelent.

Száraz sózás esetén a hús felületére masszírozott konyhasó a húsban található fehérjék víztartó képességét csökkenti miután az diffúzió révén bekerült az ételkészítésbe, ezzel a víz a húsból ozmózis útján távozik. A száraz sózással ellentétben a nedves pácolás során a NaCl a húsban található miofibrilláris fehérjéket feloldja, melynek következtében a fehérjék víztartó képessége jelentősen javul és ennek köszönhetően a késztermék állományában és minőségében is növekedést tapasztalhatunk a száraz sózással ellentétben. Maga a nedves pácolás során alkalmazott páclé 6 %-os sókoncentrációval jellemezhető. A hús vízkötő képessége úgy definiálható, mint a hús azon tulajdonsága, hogy mennyi vizet képes felvenni, míg a víztartó képesség annyit tesz, hogy a hús különböző külső behatások (pl. hőhatás, mechanikai kezelések) ellenére mennyire képes a felvett vizet megtartani. (Friedrich, 2008) A húsból lévő víz jelentős része kapillárisok révén a miofibrillumokban található meg.

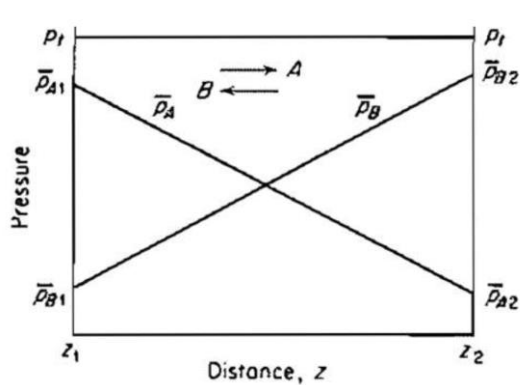
A miofibrillum izomrostot jelent, amely egy összehúzódásra képes szerkezeti alapegység szarkomerekből felépülve. A szarkomerek az izom legkisebb szerkezetépítő elemei. Alapja az aktin és a miozin izomfehérjék, amelyek az izom összehúzódásakor egymásba csúsznak. (Ráti, 2012)

A fizikai folyamatok körébe tartozó diffúzió során egy anyag vagy komponens transzport folyamatát érthetjük, ami egy fázison belül megy végbe. Ekkor a só meglehetősen hosszadalmas időt felölve jut be a hús belsejébe, aminek hajtóereje a hús és a közte lévő koncentráció különbség (gradiens), mely során mindig a nagyobb koncentrációjú anyag halad a kisebb koncentrációval rendelkező anyag irányába. (Molnár, 2007)

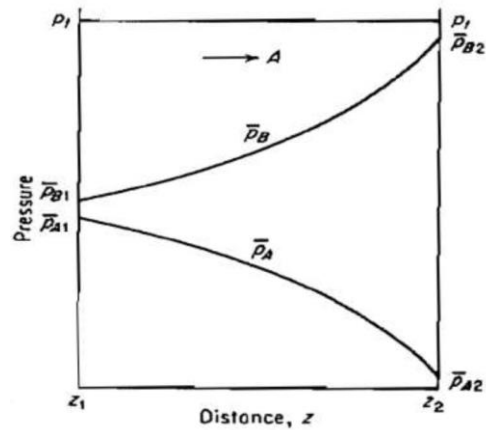
A diffúzió fajtái közül kettő sorolható fel, az egyik a molekuláris diffúzió, a másik az áramlásos/turbulens diffúzió.

A molekuláris diffúzió alkalmával csak a molekulák hőmozgásának következtében alakulhat ki transzport folyamat a szilárd fázisban, vagy a folyadék, illetve gáz fázis határterületében.

Az áramlásos vagy más néven turbulens diffúzió esetében az anyagtranszport az áramló folyadék vagy gáz mozgásának következtében jön létre. Mindemellett a molekuláris diffúziót további kettő típusra tudjuk bontani. Az ekvimoláris ellenáramú stacioner molekuláris diffúzió során mind a kettő komponens, tehát az A és a B egymással szemben ellenirányú mozgást végeznek. Másik típusa az unimoláris stacioner molekuláris diffúzió, mikor csak az A komponens végez aktivitást, a másik komponensnél pedig nem tapasztalható mozgást. (Molnár, 2007)



7. ábra: Az ekvimoláris ellenáramú stacioner molekuláris diffúzió folyamata ábrán keresztül bemutatva (internet 7)



8. ábra: Az unimoláris stacioner molekuláris diffúzió folyamata ábrán keresztül szemléltetve (internet 8)

Az időben állandó molekuláris diffúziót Fick I. törvényével definiálhatjuk. (Domokos, 2009) Az kijelenthető, hogy ha egy irányban zajlik a diffúzió menete, akkor Fick I. törvénye egyszerűsödik a következő egyenletre: $N_A = -D_A \cdot \frac{dc_A}{dx}$

Ekkor az A komponens anyagáram-sűrűsége, ami a fluxust jelenti ($\text{kmol}/\text{m}^2\text{s}$) arányos a komponens koncentrációkülönbségével, vagyis gradiensevel az adott irányban. Ekkor az arányossági tényező a diffúziós állandó, illetve a képletben felfedezhető – előjel magyarázata, hogy a diffúzió iránya mindig a nagyobb koncentráció felől a kisebb felé halad, így a gradiens negatív értéket kap.

2.4.3 A diffúziót befolyásoló tényezők

A húsok száraz sózása, vagy nedves pácolása során a mátrixba diffundáló só sebességét több tényező is nagymértékben képes befolyásolni. Van, hogy elősegíti a folyamat létrejöttét, de van, hogy negatív irányba fordítja a diffúziót. A gyártónak ezeket a behatással bíró elemeket ismernie kell, hogy a megfelelő tulajdonságokkal rendelkező terméket tudja előállítani.

A sódiffúzió sebessége függ a:

- a hőmérséklettől
- a húsrészek geometriai tulajdonságaitól
- a páclé kezdeti sókoncentrációjától (m/m %)
- a hús-páclé arányától

Hőmérséklet:

Az évek során rengeteg közlemény jelent meg a húsipari irodalomban arról, hogyan hat a hőmérséklet a só diffúziójának sebességére. (Körmendy and Gantner, 1956)

A húsok melegen történő pácolásáról számos feljegyzés készült, miszerint akár 12 órára is leredukálható 50-52 °C-os hőmérséklettartomány alkalmazásával.

A sokak közül Bolsakov és Szokolov is végrehajtottak kísérleteket, ahol 0 és 5°C hőmérsékletű húsminákat 70 °C-on lévő páclével injektáltak. A fellépő hőmérsékletkülönbség következtében termodiffúzió alakult ki, ami kedvezően hatott a páclében található só diffúziójának gyorsítására. Más kutatók kísérleteik során a húsminát 50 °C-os páclében kezelték, ami ugyan rövidítette a pácolás időtartamát, a hús állományára azonban negatívan hatott, illetve a kívánt íz kialakítása sem valósult meg. Mindemellett az is kimutatásra került, hogy 50 °C alatti pácolás során a mikrobiológiai romlás veszélye halmozottan fenn áll. (Körmendy and Gantner, 1956)

A hőmérséklet emelése tehát lényegesen gyorsítja a konyhasó húsba történő bejutását, de fontos figyelemmel kísérni a hőmérséklettartományok megfelelő beállítását, ugyanis a pozitív hatás mellett negatív eredmény is születhet.

Hús-páclé aránya:

A páclé hús arányát üzemi körülmények között általában 1:1, vagy 1:2 arányra szokták beállítani. Az kijelenthető, hogy a nagyobb páclé-hús arány jobban gyorsítja a diffúziót, ezzel támogatva a termékben kívánt egyensúlyi állapot létrejöttét. (Jónás, 2021)

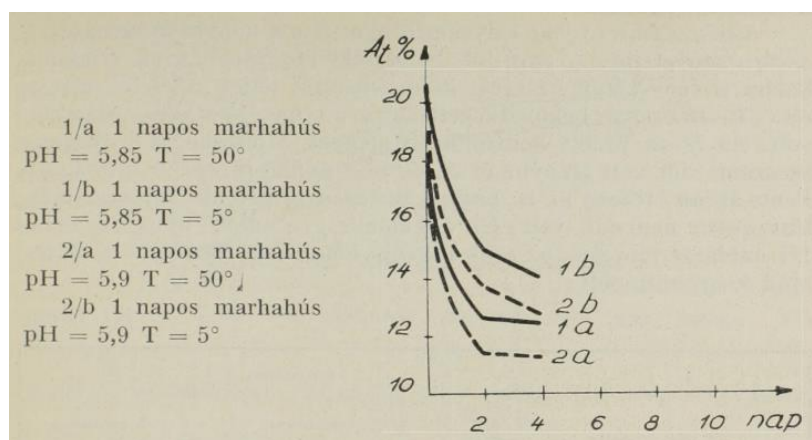
Húsrészek geometriai tulajdonságai:

A hús felépítésének és darabolásának is fontos szerepe van a diffúzió tekintetében. A feldolgozás előtt darabolt húsok méretét illetően a kisebb szeletekben sokkal gyorsabb a só diffúziója, míg egy nagyobb elemben jóval lassabb. A hús-zsír megoszlásának megemlítése is elengedhetetlen, ugyanis a szalonnában tapasztalható a leglassabb diffúzió a hús alkotói közül, míg egy nagy víztartalommal rendelkező színtiszta húsrész esetén kiváló a só diffúziójának sebessége. A só diffúziójának gyorsítását az alapanyag vastagságának csökkentésével is növelhetjük, hiszen a csont eltávolításával jelentős eredményeket érhetünk el e tekintetben. (Friedrich, 2008); (Jónás, 2021)

A páclé kezdeti sókoncentrációja (m/m%):

A páclé sókoncentrációját általában 19-21 g/100 ml közé szokták beállítani, ami az ipari páclevek sótöménységének felel meg. A páclé készítéséhez általában közönséges NaCl-ot alkalmaznak, ami tökéletesen megfelel a kívánt folyamatok alapanyagaként. Minél nagyobb a páclé kezdeti sókoncentrációja, annál kedvezőbb a diffúzió sebessége. (Körmeny and Gantner, 1956)

A sókoncentráció és a hőmérséklet jelentősen összefüggésben áll, amit az alábbi ábra szemléltet.



9. ábra: Sókoncentráció változása páclében az idő és hőmérséklet függvényében (internet 9)

2.4.4 A sódiffúziót gyorsító eljárások

Alapvetően a pácolás technológiája egy nagyon hosszadalmas folyamatnak minősül a száraz, illetve a nedves pácolás esetében egyaránt.

Akár több hetes folyamat is lehet és a szárítás akár a végtelenségig is eltarthat, pl. a pármai sonkát hónapokig érlelik, ami akár 1 évet is felöllelhet a megfelelő aromaanyagok kialakulásának érdekében. A magyar paraszt sonka előállítsa 3-4 hónapig is eltarthat, míg a kiindulási alapanyagból a kívánt kész termékhez juthatunk. (Szabó és mtsai., 2015)

Számos olyan mechanizmus létezik, amelynek révén az eljárás felgyorsítható.

Ezekre példa a tumblerezés, az ultrahang használata, a pulzáló elektromos térerő, vagy a nagy hidrosztatikai nyomás igénybevétele. (Szabó és mtsai., 2015)

Tumblerezés:

Ezen művelet, vagy más néven mechanikai kezelés hatására a pácolási folyamat nagymértékű felgyorsítása történik.

Fontos, hogy nem mindegy milyen terméket szeretnénk tumblerezési technológiával kezelni, ugyanis például a nyers termékek pácolási eljárása kis üzemekben rendszerint száraz sózás, addig a hőkezelt pácolt termékeknel célszerű a tumblerezés műveletét alkalmazni. Késztermékek közül a fóliázott sonkák gyártásánál találkozhatunk a mechanikai kezelés jelenlétével. (Dióspatonyi, 2001)

Közvetlenül a művelet megkezdése előtt tenderizálás útján a húsfelület növelését hajtják végre, melynek révén a tumblerezés során több húsfelületre képes a páclébe kerülni, ezzel elérve egy porhanyósabb és kellően roncsolt alapanyagot. Az eljárás során a tenderizált hús és a páclé egy lapátokkal felszerelt tartállyal rendelkező tumblerező berendezésbe kerül. (Nágl, 2017)

A tartályban lévő alapanyagokat az elegyítés céljából mechanikai hatásoknak teszik ki, forgatni kezdik őket. Ez akár 10-15 percig is folyhat, 6-8 °C-os hőmérsékleten a megfelelő mikrobiológiai stabilitás érdekében, majd a termék 45-50 percen át tartó pihentetése következik. (Dióspatonyi, 2001)



10. ábra: Vakona típusú tumblerező berendezés (internet 10)

Ezeket a lépéseket több ízben is megismétlik a kívánt végeredmény eléréséig. A forgatás során a termék felmelegedése történik, mely miatt szükséges a szünetek tartása a termék visszahűtésének, továbbá a duzzadás és a gélesedés létrejöttének céljából. A túlzásba vitt pihentetés azonban negatív hatásokat gyakorolhat a húsról, hiszen ekkor az exszudátum felszívódik és a hús megkeményedik. (Friedrich, 2008);

Maga a műveletnek a fő célja a hús szöveteinek fellazítása és a benne lévő fehérjéknek az olyan mérvű feltárása, hogy azok kioldódjanak és a tartályban lévő páclében megduzzadjanak. A sejtek és membránok sérülésnek következtében javul azok áteresztőképessége, ami segítségével a páclé könnyedén be tud jutni a húsba. Nem csak a bejutást, de annak eloszlását és megkötődését is elősegíti a roncsolás.

Így keletkeznek az exszudált fehérjék, amelyek a hús felületét bevonva kötőanyagként funkcionálnak, ezzel hozzájárulnak a termék szeletelhetőségéhez, illetve a húsba került páclé visszafolyását is megakadályozzák. A tumblerezés egész folyamatát vákuum alatt kell végezni, ugyanis az exszudált fehérjék levegővel való keveredés hatására habzást idézhetnek elő. (Friedrich, 2008)

A tumblerezett termékek pozitív tulajdonságai, hogy akár 1-2 nap alatt is már pácérett állapotba kerülhetnek, továbbá a léveszteségük is elkerülhető, valamint egyenletesebb íz és jó szeletösszetartás lesz tapasztalható náluk. (Nágl, 2017)

Azt azonban lényeges megemlíteni, hogy a tumblerezés technológiájával készült termékek soha nem fogják megközelíteni a hagyományos lassú pácolással készült termékek minőségét és élvezeti értékét.

Ultrahang:

Mivel a NaCl vándorlása a hús felületéről a húsmátrixba meglehetősen lassú, a többi technológia mellett a nagy intenzitású ultrahangot is elkezdtek alkalmazni a folyamat felgyorsítására. Az ultrahang egy újszerű technológiának minősül az élelmiszeriparban, amire számtalan pozitív tulajdonság felsorolható. Gazdasági szempontból a feldolgozási költségeket csökkenthetjük vele, továbbá környezetbarát, mindemellett az alapanyagra is kimondottan jó hatással bír. A korábbiakban már több kísérleti eredmény is alátámasztotta az ultrahang pácolásra gyakorolt pozitív hatását, ami a sódiffúzió sebességének növelésében, a só húsban történő kedvezőbb eloszlásában és számtalan más folyamatban nyilvánul meg. (Bao *et al.*, 2022)

Az ultrahang alkalmazása során fellépő komplex, aktív hatást eredményező fizikai folyamat a kavitáció. Mikor az adott mintába nagy frekvenciájú és intenzitású rezgést vezetünk változó nyomású ciklusok alakulnak ki, amik hatására az anyag részecskéi szétválnak, ugyanis elvész minden olyan erő, amely képes lenne összetartani őket. Ezek a részecskék általában a rácshibák és a repedések mentén dezintegrálódnak. Belső üregek keletkeznek ezáltal, amik folyamatosan nőnek és a következő más nyomással rendelkező ciklushoz érve összeomlanak, melynek hatására nagy mechanikai energia szabadul fel. A húsfeldolgozás során használt ultrahangból eredő kavitáció képes behatolni a hús magközepéjébe, ezzel lazítva az ott található rostokat és porhanyóssá téve a húst. (Friedrich, 2008); (Bartos és mtsai., 2014)

Az előbb leírtakon keresztül elmondható, hogy a megfelelő sókoncentrációval bíró páclé képes könnyedebben diffúzió által bejutni a minta belsejébe. Jelentősen lerövidül ezzel a diffúzió útja, továbbá a só egyenletes eloszlása is megvalósul a hús geometriai középpontja és a külső felület között. Az ultrahangos kezelés által fellépő kavitáció miatt a miofibrillumok szabad felülete jelentősen megnő, ami miatta a bennük lévő víz erőteljesebb megkötése lesz tapasztalható. Fontos megjegyezni, hogy az előbb leírtak anélkül történnek meg, hogy bármilyen negatív változás következne be a termék színében, állagában, minőségében. (Friedrich, 2008)

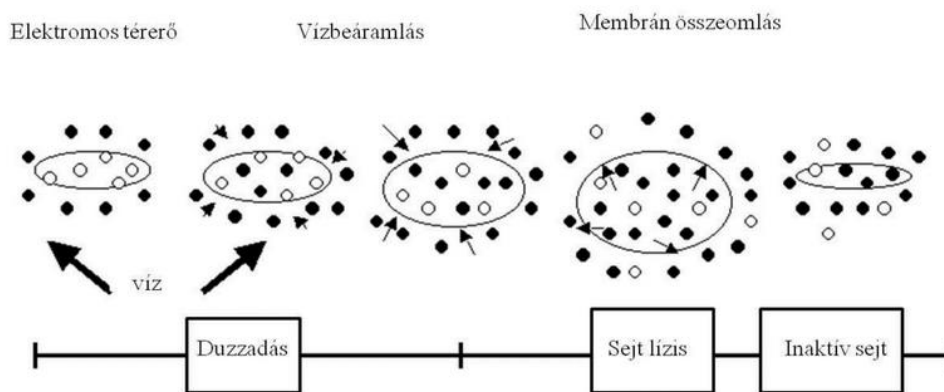
A kezelt élelmiszer sódiffúziójának sebessége nő, illetve annak eloszlása is felgyorsul, továbbá kedvez az enzimaktivitásnak, anyagcserének, valamint elősegíti a Maillard reakciót, az oxidációt és az észterezést. A fehérjehidrolízis is javul a hatására, ami a pácolt húskészítmények jobbéréséhez, állagához, színéhez és ízéhez vezet. (Bao *et al.*, 2022)

Az ultrahang hatékonyságát számos paraméter befolyásolhatja. Ilyen például a használt frekvencia mértéke, az ultrahang geometriai paraméterei, vagy akár a kezelt termék tulajdonságai. Az eljárás során a 20-100 kHz tartományú frekvenciát szokták alkalmazni, amiből legtöbbször a 20 kHz van használatban. Több tanulmány is vizsgálta az ultrahang használata során felmerülő transzducer, illetve a hús közötti távolság hatását a NaCl diffúziójára. A transzducer egy jelátalakító elektromos eszköz, amely az ultrahang intenzitás kialakításában igen fontos szerepet tölt be. Elve a piezoelektromos kristállyal magyarázható, ami egy mérőátalakítóként funkcionál, amire, ha nyomást gyakorolunk feszültséget generál. Különböző távolságokat alkalmazva a transzducer és a hús között (0,3; 0,5 és 0,8 cm), megállapítható, hogy a távolság növelésével a sódiffúzió ultrahanggal történő fokozása csökken. Az eredmények azt mutatták, hogy a 0,3 cm távolság bizonyult a leghatékonyabbnak a sódiffúzió sebességének szempontjából. (Inguglia *et al.*, 2018)

Az alább leírt tanulmányok értékes eredményeket szolgáltak az olyan vállalatok számára, akik az ehhez hasonló új technológiákat helyezik előtérbe a húsfeldolgozás területén, ezzel is hozzájárulva a minőségi termékek előállításához.

Pulzáló elektromos térerő (PEF):

A közelmúltban felkeltette a kutatók és a húsfeldolgozók figyelmét egy új fizikai tartósító eljárás, ami nem termikus és számos előnyös tulajdonsággal rendelkezik. Ez a pulzáló elektromos térerő, röviden PEF, amely egy külső elektromos mező élő sejtekre gyakorolt hatásokat kifejtve. A rövid idejű nagyfeszültségű impulzusok hatására a sejtmembránok destabilizálódnak, szerkezetük megváltozik, így pórusok és lyukacsok alakulnak ki a felületen, ami előidézi a só diffúziós útjának jelentős csökkenését. A nagy térerő hatására akár irreverzibilis változások is bekövetkezhetnek, sejthalál is tapasztalható lehet.



11. ábra: A PEF hatására bekövetkező sejt inaktiválódás (internet11)

(Zhang *et al.*, 2022) kísérletében a PEF hatását elemezte a marhahús marinálása során. Eredményei azt mutatták, hogy a pulzáló elektromos térerő kis energiaráfordítással is (0,78-12,50 kJ/kg) rendkívül pozitív hatást képes gyakorolni a pácolás végkimenetelére.

A kísérlete során született eredményeit Fick II. törvénye alapján modellezte és értékelt ki. A pácolási ideje közel 33%-kal csökkent, míg a diffúziós tényezőben történt változások alapján a só esetében 51,8%-ra, míg a víz esetében 69%-ra nőtt az értéke.

Több vizsgálat arról is beszámolt, hogy a PEF-el kezelt hústermékekben az öregedés során megnövekedett a proteolízis, vagyis a fehérje bomlása. Ezzel bizonyítható, hogy a pulzáló elektromos mező javítja a hús ernyedését mind a hullamerevség előtt, mind pedig a post rigor után az izomban. (Bhat *et al.*, 2019)

A PEF képes felgyorsítani a pácolás folyamatát, továbbá az azt követő szárítást is, illetve a kórokozó mikroorganizmusok ellen is aktívan lép fel. A baktériumok és az élesztőgombák érzékenységet mutatnak vele szemben, azonban a baktériumok spórái rezisztenciát produkálnak. (Bhat *et al.*, 2019)

Nagy hidrosztatikai nyomáskezelés:

Az utolsó tartósító és diffúziót befolyásoló hatást kifejtő fizikai eljárás a felsoroltak közül a nagy hidrosztatikus nyomás kezelés, röviden HHP.

Elve az, hogy a kívánt élelmiszereinket, amik lehetnek szilárdak, vagy folyékony halmazállapotúak nyomás alá vetjük, ami 100-800 MPa tartományt ölelhet fel. Az eljárás eredete Japánból származtatható, ahol 1990-ben ipari körülmények között alkalmazták először savas élelmiszereknél. (Tuboly, 2009)

A nagy nyomású feldolgozás tartósító hatását a mikroorganizmusok szaporodásának gátlásában, valamint pusztításában fejt ki, ahol elsősorban a membránok károsítását hajtja végre. Mindezek mellett számtalan hatást fejt ki, mint például a fehérjék denaturációját, enzimek inaktiválását, valamint a szénhidrátok és zsírok tulajdonságainak befolyásolása is hozzá kötődik. (Ohlsson and Bengtsson, 2000)

Az alábbiak ismeretében feltételezhető, hogy a húsfehérjékben történt változások következtében javul a só diffúziójának sebessége, azonban a nagy hidrosztatikus nyomás pácolásra ható tulajdonságairól eddig nem történtek számottevő kutatások. (Jónás, 2021)

A folyamat során hő nem generálódik még akkor sem mikor a nyomást növeljük.

Az élelmiszereket nagynyomású edényekben dolgozzák fel, amiket kettő típusra lehet osztani:

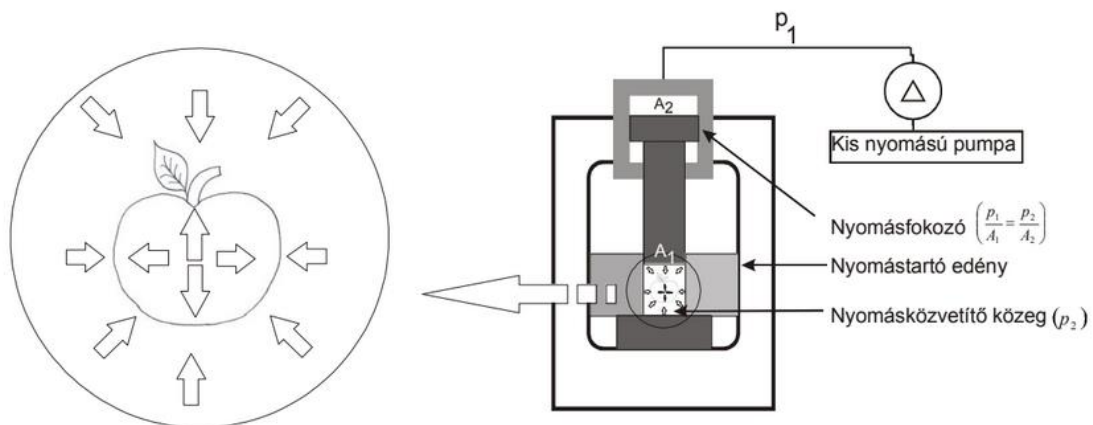
konténer feldolgozásra és tömeges feldolgozási technológiára. A termékek térfogata jelentősen csökken a technológia során a nagyon magas nyomás miatt, ezért flexibilis csomagolást kell alkalmazni annak érdekében, hogy követni tudja a termék formáját.

A hidrosztatikai kezelés előnyei közé sorolható, hogy alkalmazásával elősegíthető a termék színének és tápértékének megőrzése, valamint kedvező irányba módosítja az állományt is. A fogyasztók számára kimondottan előnyös, ugyanis a flexibilis csomagolás megbontása nélkül lehet az eljárást végrehajtani, ezzel jelentősen leredukálva a mikrobiológiai fertőzések lehetőségét. (Ohlsson and Bengtsson, 2000)

Fontos megemlíteni azt az előnyt is, hogy a nyomás hatása független a termék méretétől és geometriájától, hiszen a kezelés során érvényesül a Pascal-elv, miszerint pillanatszerűen az egész termékben egyenletesen érvényesül a nyomás. (Hartyáni, 2012)

A HHP hatékonysága számtalan tényezőtől függ, amik nagy mértékben tudják befolyásolni a hatékonyságot. Erre példaként hozható a nyomás nagysága, a kezelési hőmérséklet, a kezelési idő hossza, valamint a kompresszió és a dekompresszió sebessége.

Költségek tekintetében egy igen drága műveletről beszélhetünk, hiszen körülbelül 0,5-2 millió euró között mozog a ráfordítás mértéke, élelmiszerre levetítve pedig 0,1-0,2 euró/kg-ot is eléri.



12. ábra: A HHP működési elvének szemléltetése ábrán keresztül. (internet 12)

2.5 Eddigi tudományos eredmények a felengedtetéssel egybekötött pácolás folyamatáról

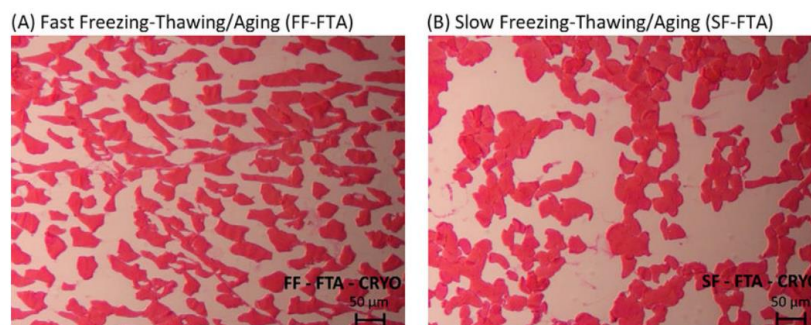
A fagyasztás és felengedtetés pácolt húsrá gyakorolt hatása kapcsán számtalan kutatásokat végeztek a közelmúltban, illetve néhány általános megállapítás is lejegyzésre került.

A fagyasztás technológiájával az élelmiszer eredeti tulajdonságai nem változnak, ezáltal hosszantartó eltarthatóságot érhetünk el a művelettel. Az ismertetőjegyek ugyan nem módosulnak, de a kémiai, biokémiai reakciók nagy mértékben lelassulnak, azonban az enzimek továbbra is aktivitást mutatnak, ezáltal például nagy hidrosztatikai nyomás alkalmazása esetén nagyon fontos paraméter a megfelelő hőmérséklet-nyomás párosának kiválasztása az enzimek inaktiválásának érdekében. ((Tuboly, 2009)

A felengedtetés igen fontos szegmense a fagyasztott élelmiszerek optimális állományának, ízének, színének, minőségének megővésében, azonban ekkor nagy mennyiségű folyadék szabadul fel, mellyel együtt vízben oldódó anyagok, ásványi anyagok, vitaminok és fehérjék távoznak, ezzel csökkentve a hús tápértékét. Ez a folyadék a minta szöveteiben kialakuló jégkristályokból származtatható. (Savanović, Grujić and Savanović, 2019)

A lassú fagyasztás során a vízkristályok erősen deformálják, károsítják a hús szöveteit, melynek köszönhetően a hús vízkötőképessége módosul, ami a hús nemkívánatos megjelenését idézi elő. A gyorsfagyasztás technológiája kedvezőbb a szövetek védelmét tekintve, hiszen ekkor nagyszámú jégkristályosodási pont képződik, amik aprók és egyenletesen oszlanak meg a sejtekben, illetve az intercelluláris térben, vagyis a sejtek közötti tartományban. (Savanović, Grujić and Savanović, 2019)

Az alább leírtakból tehát következtethetünk arra, hogy a sejtmembrán fagyasztással történő roncsolása kellően elősegíti a páclé bejutását a szövetek közé, így gyorsítva a diffúzió sebességét, azonban az is elmondható, hogy nem mindegy milyen fagyasztást alkalmazunk.



13. ábra: A lassú és gyors fagyasztás/felengedtetés szövetekre gyakorolt hatásának szemléltetése a húsmintán. (internet 13)

Eddig végzett tudományos feljegyzések:

1) 2017. Ahmet Akköse

Az eddig végzett kutatási eredmények közül mindenképpen megemlítsre kerül az a folyóirat formájában megjelent tudományos feljegyzés, amelynek szerzője (Akköse, 2017). Ebben a vizsgálatban friss, valamint fagyasztás után felengedett marhahús sódiffúzióját, illetve a húsfehérjék tulajdonságaiban bekövetkező változásokat vizsgálták. Alapanyaguk a török pastirma volt, ami egy levegőn szárított erősen fűszerezett marhahús. (Mariana, 2014) A vizsgálat során 3 éves marha húsát használták fel, abból is az ágyéki részt. A kivágott húsból kettő minta készült, melyből az egyik frissen maradt, a másikat pedig egy héten át tartó -18°C -os fagyasztás alá vetették, majd azt követően 18 órán keresztül 4°C -on felengedtetek. Mindkét minta pácolási technikája a száraz sózás volt, melynek folyamata során mintákat vettek a 0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 32; és 48. órában és ezeket részletesen elemezték. Az analízis során kitértek a vízaktivitás (a_w), a nedvességtartalom, sótartalom, sódiffúzió, illetve a termikus tulajdonságok meghatározására. A vízaktivitás tekintetében mind a friss, mind pedig a fagyasztott/felengedett pácolt hús esetében csökkenő értéket tapasztaltak. Az is megállapítható volt, hogy szignifikánsan összefügg a pácolási idő, illetve a vízaktivitás értéke, mely szerint az idő előrehaladtával az a_w egyre kisebb értékeket vett fel. Az, hogy csökkenő tendenciát mutatott a vízaktivitás nagyon fontos hatással bír a megfelelő mikrobiológiai minőség megőrzésének szempontjából. (Akköse, 2017)

A sódiffúziót illetően a vártaknak megfelelően megállapították, hogy a két minta közül a fagyasztás/ felengedtetéssel egybekötött pácolt minta sódiffúziós értéke 50%-kal több lett a friss mintáéhoz képest. Ennek okaként a folyamat során nagy mértékben módosult fehérjék szerkezetét jegyezték le, melynek köszönhetően a sóbevitel és annak eloszlása jelentősen javult. Kísérleteik végeztével konklúzióként levonva megállapították, hogy a pácolandó húsok sózása előtt végzett fagyasztás és felengedtetés pozitív hatást fejt ki a sózás kinetikájára, ezzel is elősegítve a kívánt eredmények elérését. (Akköse, 2017)

2) 2013. Pierre A. Picouet és munkatársai

A soron következő vizsgálatokat (Picouet *et al.*, 2013) végezték el, melyet folyóiratcikk formájában 2013-ban publikáltak.

A tanulmányaik során CT-t alkalmaztak, amely egy kalibrált számítógépes tomográfia, mely az élelmiszerről roncsolásmentes só- és víztartalom méréseket ad. A tomográfia maga egy olyan röntgenkép, ami az adott minta egy kiválasztott szegmenséről készül a többi rész nélkül. (Picouet *et al.*, 2013)

A kísérleteik elvégzéséhez öt sertéstestet használtak fel, amikben a Semimembranosus izom pH-ja 5,8 körüli érték volt és a levágott sonkák súlya pedig 12,7 kg körül mozgott. Egy levágott állat két sonkát adott, így a pár egyik tagját frissen sózták, míg a másikat a pácolási folyamat előtt fagyasztottak és felengedtettek. A 16 napot felölelő sózási periódus alatt minden sonkáról naponta CT-képet készítettek és elemzésre kerültek a NaCl, illetve a nedvességtartalom alakulások. Eredményeik azt mutatták, hogy 30%-kal magasabb diffúziós együttható volt tapasztalható a fagyasztott/felengedtetett mintákban a friss mintákhoz képest, ami alátámasztotta a vártakat. Megállapították, hogy a száraz sózást megelőző fagyasztás és felengedtetés technikája eredményesen kiküszöböli a sonka túlzott sófelvételét, ami a sódiffúzió idejének jelentős csökkenésével magyarázható. (Picouet *et al.*, 2013)

Parameters	P-value	Fresh hams	Frozen/thawed hams
[S] at day 4 (kg/kg)	0.0006	0.009 ± 0.001	0.014 ± 0.002
[S] at day 16 (kg/kg)	0.0013	0.038 ± 0.002	0.048 ± 0.002
[W] at day 4 (kg/kg)	0.0036	0.735 ± 0.012	0.717 ± 0.006
[W] at day 16 (kg/kg)	0.0532	0.676 ± 0.013	0.656 ± 0.008

14. ábra: A NaCl-tartalom (S) és a nedvességtartalom (W) szórás eredményei a friss, valamint a fagyasztott/ felengedtetett pácolt sonkák esetében a 4., illetve a 16. napon.

(internet 14)

3) 2004. J. M. Barat és munkatársai

A felsoroltak közül utolsóként bemutatott tanulmány szerzője (Barat *et al.*, 2004).

Alapanyaguk a tradicionálisan száraz sózással készített spanyol sonka volt. Bevezetésükben kitértek arra, hogy a fagyasztás és a felengedtetés eltérést, új technológiát jelent a hagyományos spanyol sonka gyártásában, melyet ezelőtt néhány évvel kezdtek el alkalmazni. (Barat *et al.*, 2004)

Kísérleteikben 27 darab friss sonkát használtak, melyeknek átlagos tömegük 9,4 kg volt, átlagos pH értékük pedig 5,7-6,3 között mozgott. 6 darab sonkát az eredeti, jellegzetes úton készítettek el, tehát száraz sózási technikával, míg 21 darabot ipari fagyasztóban -40 °C-kon lefagyasztottak, majd legalább 30 napig -20 °C-kon tartottak, hogy kialakulhasson a megfelelő állapot. A fagyasztott sonkák közül 3 darabot felengedtetésben részesítettek hidegkamrát alkalmazva, amiben 5 napot töltöttek 3 °C-kon. A többi 18 sonkát különböző csoportokra osztva további felengedtetés-sózás kombinációjú eljárásoknak vetettek alá.

Kísérleteik végeztével elemzéseik azt mutatták, hogy az először fagyasztott, majd 3 °C-kon felengedtetett sonkák az elvárt sókoncentrációt 61 %-kal kevesebb idő alatt érték el, mint az a 6 darab hagyományos úton készült társuk. (Barat *et al.*, 2004)

Mindazonáltal konklúzióként levonható, mint ahogy azt az előzőkben bemutatott kísérletek is alátámasztották, hogy a fagyasztással, illetve felengedtetéssel összekötött pácolás meglehetősen pozitív irányban képes befolyásolni a kívánt sótartalom elérését húskészítményeinkben.

3. Anyagok és módszerek

3.1 A kísérlet során felhasznált anyagok

Szakedzőm témáját érintő kísérleteimhez elengedhetetlen volt olyan hús alapanyagot választani, amely homogénnek tekinthető. Így esett a döntés a csont nélküli hosszú sertéskarajra, melyet a SPAR Magyarország Kft. bicskei húsüzeme biztosított számomra.

A karaj kis mennyiségű kötő- és zsírszövet tartalma miatt optimális alapanyag a sódiffúziós vizsgálatok elvégzéséhez. A kísérleti alapanyag pH $5,60 \pm 0,03$ értékkel rendelkezett, ami normál húsnak felel meg, húshiba, úgymint DFD (Dark, Firm, Dry), vagy PSE (Pale, Soft, Exudative) nem merült fel.

3.2 A kísérlet ismertetése

A hús alapanyagot először 80 mm hosszúságúra vágtam (16. ábra), majd egy fém tálcára helyezve kéregfagyasztottam -30°C -on, 70 percig, Nortech gyártmányú gyorsfagyasztóban. A kéregfagyasztással a célom az alaktartás kialakítása volt, a további minta előkészítéshez. A fagyasztás során a húsdarabokat 20 percenként átforgattam az egyenletes kéregfagyás érdekében. Maga a kéregfagyasztás technikáját az iparban is előszeretettel alkalmazzák, ugyanis állománykialakító hatása van úgy, hogy a minta sejtszerkezete nem sérül, hiszen csak mikrokristályok alakulnak ki (Berczeli és mtsai., 2019).



15. ábra: A kísérletek alapanyagaként szolgáló friss sertéskaraj.

A kéregfagyasztást követően a húsdarabokból fém dugófúró segítségével 80 mm hosszú, 15 mm átmérőjű húshengereket vágtam ki (17. ábra), olyan módon, hogy a hengereket a húsdarab felületi fagyott rétegétől min. 5 mm távolságban szúrtam ki a rostiránnyal párhuzamosan. Ezzel kerültem el kéregfagyás szövetszerkezetre gyakorolt hatásából eredő esetleges befolyásoló hatást. A kísérletemhez összesen 66 db húshengert készítettem, amelyek egy része a 18. ábrán látható. Az elkészített húshengerekből $3 \times 21 = 63$ db-ot az alábbiakban bemutatásra kerülő sózási kísérletekhez használtam fel, a maradék 3 db-ot pedig a sódiffúziós számításához szükséges kiegyenlítődesi só és nedvesség tartalom, vagyis a „végtelen” ideig tartó sózási kísérlethez használtam fel, amelyet a 4.3.4 fejezetben ismertetek.



16. ábra: A kéregfagyasztott hús és a húshengerek szúrására szolgáló eszköz.



17. ábra: A tálcára helyezett húshengerek egy része, védve a külső szennyeződésektől.

Kísérleti munkám során a száraz sózást három különböző módon alkalmaztam, az alábbiak szerint.

Száraz sózás módja	Sózási mód jele	Leírás
<u>Kontroll</u>	K	Az elkészített húshengereket a kísérletek megkezdéséig 3-5°C-on tároltam, majd a hűtőből kivéve, szobahőmérsékleten (20-22°C) nitrites pácsóval fedtem be, 10 g pácsó/100 g hús arányba úgy, hogy a hengereket mindenhol befedje a pácsó. Felhasznált húshengerek száma: 21 db

A hús
felengedtetése **FUS**
után sózás

Az elkészített húshengereket -30°C -on, 12 órán át fagyasztottam Nortech típusú fagyasztóban. A fagyasztást követően a húshengereket felengedtettem, amit szobahőmérsékleten végeztem 1,5 óra időtartamban. Ezt követően a húshengereket a kísérleti sózás megkezdéséig $3-5^{\circ}\text{C}$ -os hűtőben temperáltam 3 órán át, majd a hűtőből kivéve, szobahőmérsékleten ($20-22^{\circ}\text{C}$) nitrites pácsóval fedtem be, 10 g pácsó/100 g hús arányba úgy, hogy a hengereket mindenhol befedje a pácsó.

Felhasznált húshengerek száma: 21 db

A hús
felengedtetése **FKS**
közben sózás

Az elkészített húshengereket -30°C -on, 12 órán át fagyasztottam Nortech típusú fagyasztóban. A húshengereket a fagyasztóból kivéve (felengedtetés nélkül) szobahőmérsékleten ($20-22^{\circ}\text{C}$) nitrites pácsóval fedtem be, 10 g pácsó/100 g hús arányba úgy, hogy a hengereket mindenhol befedje a pácsó.

Felhasznált húshengerek száma: 21 db

A sózás alatt álló húshengerek a 18. ábrán láthatók.



18. ábra: A három száraz sózási mód szemléltetése balról-jobbra: Kontroll; FUS-felengedtetés után sózott; FKS-felengedtetés közben sózott

Mindhárom sózási mód esetében a sóval fedéstől számított 15., 30., 60., 90., 120., 150. és 180. percben vettem ki 3 db húshengert (7 vizsgálati időpont x 3 db húshenger = 21 db húshenger), amelyeken a következőkben ismertetett méréseket végeztem el.

3.3 Alkalmazott mérési módszerek bemutatása

Az alábbiakban ismertetett mérések előtt a húshengerek felületére tapadt só desztillált vízzel óvatosan leöblítettem, majd felületüket háztartási papír törülőkendővel óvatosan leittam.

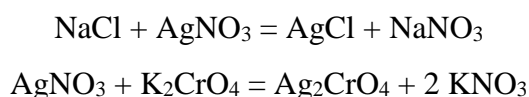
3.3.1 Szárazanyag és nedvességtartalom meghatározása

A húshenger minták szárazanyagtartalmát 105°C-on, 24 óráig történő szárítással határoztam meg. A szárazanyagtartalmat a szárítás előtti és utáni tömegek különbségeként, a szárítás előtti tömeg %-ban fejeztem ki. A minták nedvességtartalmát (X) a szárazanyagtartalomból számítottam ki: $X (\%) = 100 - \text{szárazanyagtartalom} (\%)$.

3.3.2 Sótartalom (NaCl) meghatározása

A húsba bejutott só mennyiségének meghatározását Mohr szerinti argentometriás módszerrel végeztem. A húshengerek két végét kb. 10-10 mm vastagságban levágtam, abból a célból, hogy kiküszöböljem a húshengerek véglapjai felőli sóbehatolás hatását, amire a diffúziós számítások miatt volt szükségem. Így a sótartalom meghatározásához a hengerek középső, kb. 60 mm magasságú részét használtam fel, amelyeket késsel apróra vágtam, és 5 g körüli (pontosan lemért tömegű) mennyiséget Stift lombikba helyeztem. A lombikot félig töltöttem desztillált vízzel, majd 25 perce, 80°C-os vízfürdőbe helyeztem. Ez idő alatt a lombikokat időnként óvatosan megráztam, hogy ne álljanak össze a húsminták. A 25 perc letelte után a lombikokat jeges vízbe helyeztem kb. 5 percre. A hűtést követően a Stift lombikokat desztillált vízzel jelre töltöttem (100 ml). A jelre töltést követően a Stift lombik tartalmát háztartási szűrőpapíron leszűrtem. A tiszta szűrletből 10 ml-t titráltam 0,1 n AgNO₃ oldattal, 5 csepp K₂CrO₄ indikátor jelenlétében, vörösesbarna szín megjelenéséig (25. ábra) semleges (7,0-7,1) pH-n.

A titrálás során keletkező AgCl csapadék formájában kiválik, ugyanis rosszabbul oldódik, mint az Ag₂CrO₄, azonban, ha az oldatban lévő összes kloridiont felszabadítjuk, akkor a feleslegben adagolt AgNO₃ hatására indikátorral kimutatható Ag₂CrO₄ csapadék válik le az alábbi reakcióegyenletek szerint.





19. ábra: A színátcsapás szemléltetése: citrom színről narancsos színre változott oldat jelezte a reakció végbemenetelét a sótartalom meghatározásnál.

A húsminták sótartalmát az alábbi egyenlettel számoltam:

$$\text{Só tartalom}[m/m\%] = \frac{V_f \times f \times E \times V_{st}}{V_t \times m}$$

Ahol:

V_f – mérőoldat fogyása (ml)

f – mérőoldat faktora

E – sóegyenérték (0,00585 g)

V_{st} - Stift lombik térfogata (ml)

V_t – titrált térfogat (ml)

m – bemért hústömeg (g)

Az adott sózási időpontokban kivett húshengerekből összesen 3 db sótartalom meghatározást végeztem.

3.3.3 A kiegyenlítődési só és nedvességtartalom meghatározása

A kiegyenlítődési só (C_{eq} , m/m%) és nedvességtartalom (X_{eq} , %) a hús és a húst borító pácsó közötti, végtelen hosszú ideig tartó sózás esetén kialakuló só és nedvességtartalom értéket jelenti. Ismerete nélkülözhetetlen a diffúziós számítások elvégzéséhez. A kiegyenlítődési sókoncentrációt kísérleti úton határoztam meg, olyan módon, hogy 3 db húshengert 48 órán át sóban tartottam (10 g pácsó/100 g hús) a 4.2 fejezetben bemutatott sózási kísérletekkel megegyező körülmények között. A húshengerekre szórt pácsót 24 óra elteltével eltávolítottam a húshengerek felületéről és friss pácsóval fedtem be őket. A 48 óra elteltével a húshengerek felületére tapadt só desztillált vízzel leöblítettem, majd felületüket háztartási papír törülközővel óvatosan leitatam. Az így előkészített húshengerek só (C) és

nedvességtartalmát (X) határoztam meg a 4.3.3 és 4.3.4 fejezetekben bemutatott módszerekkel.

3.3.4 A só diffúziós tényezőjének számítása

A diffúziós vagy ozmotikus folyamatok leírására matematikai modelleket használnak. Ezek diffúziós tényező formájában nyújtanak információt a só vagy nedvesség anyagtranszportjáról. Azonban a klasszikus diffúziós modellek, mint pl. Telis, Abbassi, Martuscelli, numerikus megoldása nehéz, és nem, vagy csak kompromisszumokkal használhatók olyan esetekben, amikor a vizsgált alapanyag nem klasszikus (gömb, kocka stb.) geometriai alakzat. Így a tömegátadás jelenségeinek leírására olyan empirikus matematikai modelleket alkottak, mint a Peleg (Peleg, 1988), vagy a Zugarramurdi és Lupín (Zugarramurdi & Lupín, 1980), amelyek geometriai megkötések nélkül használhatók. Dolgozatomban három diffúziós modellt használva értékeltem a só és nedvesség anyagtranszportját az egyes sózási műveletekre vonatkozólag. A modelleket az alábbiakban mutatom be.

a) Peleg modell

Peleg (1988) két paramétert (k) tartalmazó modellje az egyensúlyi állapotig tartó anyagátadás kinetikáját írja le.

$$MC = MC_0 - \frac{t}{k_{m1} + k_{m2}t}$$

$$SC = SC_0 + \frac{t}{k_{s1} + k_{s2}t}$$

ahol:

MC – nedvességtartalom (g/100g minta)

SC – sótartalom (g/100g minta)

MC₀ – nedvességtartalom t=0 időpontban

SC₀ – sótartalom t=0 időpontban

t – idő

k_m és k_s – nedvesség és só anyagtranszport állandói

b) Zugarramurdi és Lupín modell

A só és víz anyagtranszportját leíró modell egyenletek:

$$MC = MC_0 \exp(-k_m t) + MC^\infty (1 - \exp(-k_m t))$$

$$SC = SC_0 \exp(-k_s t) + SC^\infty (1 - \exp(-k_s t))$$

ahol:

MC – nedvességtartalom (g/100g minta)

SC – sótartalom (g/100g minta)

MC₀ – nedvességtartalom t=0 időpontban

SC₀ – sótartalom t=0 időpontban

t – idő

MC[∞] - kiegyenlítődési nedvességtartalom (g/100g minta)

SC[∞] - kiegyenlítődési sótartalom (g/100g minta)

k_m és k_s – nedvesség és só anyagtranszport állandói

c) Telis modell

Telis et al., (2003) diffúziós modellje, amely diffúziós tényező (D) formájában ad információt az anyagtranszportól.

$$\frac{C_t - C_0}{C_\infty - C_0} = 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(\frac{-D(2n+1)^2 \pi^2 t}{R^2}\right)$$

ahol:

C₀ - a hús sótartalma t=0 időpontban (kiindulási sótartalom) (g/100g)

C_t - a hús sótartalma t időpontban (g/100g)

C[∞] - a hús kiegyenlítődési sótartalma (g/100g)

D - diffúziós tényező (m²/s)

t - idő (s)

R - sugár (m)

Telis modelljében a sótartalom (C) helyére nedvességtartalmat (X) írva a víz diffúziós tényezőjét (D_v) kapjuk. A modellben az exponenciális tag értéke az n növekedésével gyorsan csökken, így n=∞ az első 50 tag (n=0...50) összegével jól közelíthető.

A b) és c) modellek esetében az anyagtranszport állandók (k_w, k_s) és a diffúziós tényező (D) értékét (Jónás, 2021) doktori dolgozata alapján 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 *RMSE* tulajdonképpen a modellek mért adatokra illeszkedésének szorosságát mutatja. Az illeszkedés „jóságát”, a modell és a mért adatok kapcsolatának erősségét a determinációs együttható (R^2) értékével jellemeztem.

$$R^2 = \frac{\sum(Y_p - \bar{Y}_p)^2}{\sum(Y_p - Y)^2 + \sum(Y_p - \bar{Y}_p)^2}$$

ahol:

Y_p az Y változó predikált értéke

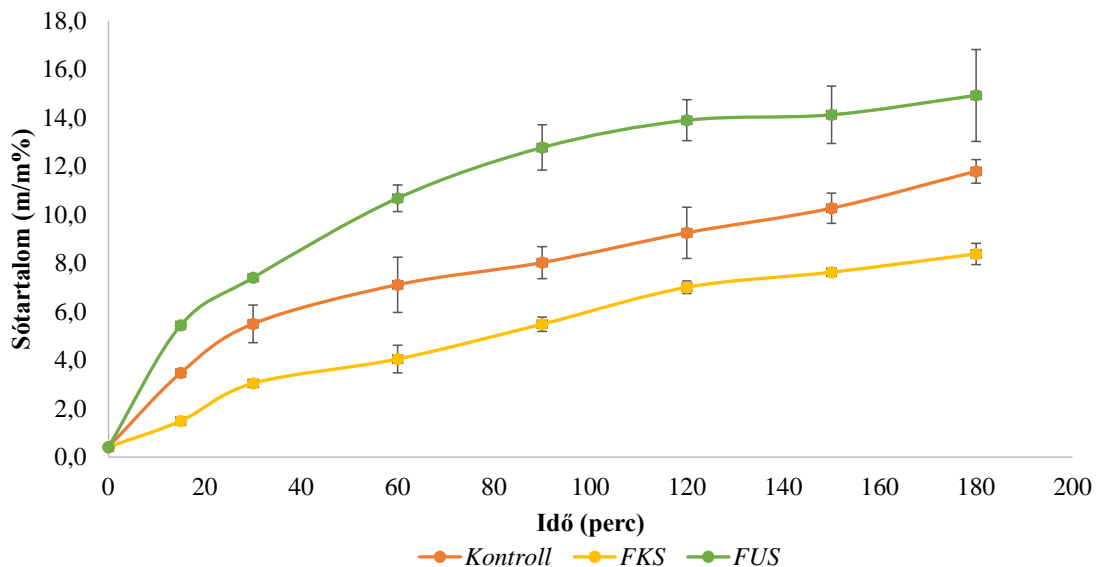
\bar{Y}_p az Y változó predikált értékének átlaga

4. Kísérleti eredmények és értékelésük

Az alábbi fejezetben a vizsgálati eredményeim kiértékelését vezettem le. Szempontjaim a száraz sózással kezelt minták sótartalmának meghatározása, a só diffúziós tényezőjének elemzése a só sebességének szempontjából, illetve a nedvességtartalom változásának vizsgálata volt.

4.1 Sótartalom elemzése a pácolási minták tekintetében

A sótartalom meghatározására szolgáló Mohr szerinti argentometriás módszer során született 3 különböző szárazsósági eljárás eredményeit a 20. ábrában mutatom be.



20.ábra: Különböző pácolási minták (Kontroll; FKS - felengedtetés közben sózott; FUS - felengedtetés után sózott) sótartalom változásának ábrázolása a pácolási időtartamok függvényében.

A 3.2. fejezetben részletezett minták száraz sózással történő pácolását követően koncentráció különbség alakult ki a hús felülete és a húsminta belső állománya közt, melynek hatására anyagáram indult meg a mintákba. Az idő előrehaladtával só jutott be a hengerekbe, amely azt eredményezte, hogy a sótartalom idővel növekedésnek indult.

A sótartalom növekedésének két fázisa van:

- növekedési szakasz: nagy a sókoncentráció különbség a hús hengert körülvevő környezet és a hús között. Ekkor egy gyors sótartalom növekedés tapasztalható, mely a diagramon is jól látható.
- kiegyenlítődesi szakasz: A meredeken felívelő szakaszt követően egy sokkal ellaposodó szakaszt tapasztalhatunk az idő előrehaladtával a görbén. Ekkor már nagy a sótartalma a húsnak, mely azt eredményezi, hogy a koncentráció különbség az őt körülvevő környezettel már sokkal kisebb a növekedési szakaszhoz viszonyítva.

A diagram szerint egyértelműen a felengedetés után sózott húshengerekbe jutott be a legtöbb só ($14,9 \pm 1,9$ m/m%) a további kettő módszerhez képest a 180. percet vizsgálva. Ez azzal magyarázható, hogy mikor fagyasztva lesz egy hús, akkor a nedvességtartalma is fagyos állapotba kerül, így jégkristályok keletkeznek benne. Ezek a jégkristályok képesek roncsolni az izomsejtek membránjait, mely azt eredményezi, hogy a sejtek hártájának átjárhatósága megnő a só számára. A felengedetést követően a húsban szabaddá válik a nedvességtartalom és a felületén megnövekedett víz lesz tapasztalható, így könnyedén létre tud jönni a só és víz elegye, mely ezt követően időegység alatt a legnagyobb hatékonysággal diffundál be, a már roncsolt hártával rendelkező izomszövetekbe.

(Picouet et al., 2013) sonkán végzett száraz sózás és azt kiegészítő fagyasztás és felengedetési kísérlete is bebizonyította, azt, hogy a sótartalom szempontjából ez a legjobb technika. Mérése során vizsgált nyers, illetve fagyasztott/felengedetett hús mintákat CT használatával hasonlította össze. Ekkor elemezte a sonka minták felszínének 25 mm-es szakaszában a sótartalmat, ahol a vártaknak megfelelő volt az eredmény, vagyis a fagyasztás és felengedetés elérte célját. A magyarázat pedig szintén az, hogy ezekben a sonkákban magas a szabad víztartalom, aminek következtében megnő a sonka felületén az oldott sótartalom, ezáltal a bejutott só mennyisége is. (Pérez-Palacios et al., 2010)

A sóbejutás tekintetében legrosszabbnak a felengedetés közben sózott minták bizonyultak ($8,4$ m/m%) a 180. percen, azonban ez az eredmény alátámasztható több szempontból is. Valószínűleg ebben az esetben azért ment be a lekisebb hatékonysággal a só, mert ahogy azt a 2.4.3 fejezetben is leírtam a sónak a diffúziója hőmérséklet függő is. A sónak az oldószere a víz, mely ebben az esetben szilárd fagyos halmazállapotban volt megtalálható, így előbb annak fel kellett olvadnia ahhoz, hogy a só feltudjon benne oldódni és azt követően bediffundálhasson a húsba.

A kontroll minta esetében csak hűtött húshengerekre került a nitrites pácsó, így ebben az esetben nem állt fenn a fagyás okozta hátrány a diffúzió szempontjából. A hengerek felületén

könnyedén kitudott alakulni a sóoldat így viszonylag nagy mennyiség tudott bejutni a húshengerekbe ($11,8 \pm 0,5$ m/m%).

4.2 Sódiffúzió sebességének elemzése a pácolási minták tekintetében

Második szempontom az eredmények kiértékelése során a só húshengerekbe történő bejutásának jellemzése volt sebesség szempontjából, vagyis a sódiffúzió mértéke.

Ehhez három különböző modellt alkalmaztam, amelyek már részletezve voltak a 3.3.4 fejezetben. Ezek a modellek nem mások, mint a Peleg, Zugarramurdi és a Telis modell. Míg a Peleg és a Zugarramurdi a hús geometriájától nem függenek, addig a Telis modell esetében ez nem mondható el, ugyanis itt csak gömb, vagy henger forma jöhet szóba a vizsgálat során.

4.2.1 Az alkalmazott modellek szerinti értékelése a sódiffúzióknak

Az 1. táblázatban feljegyeztem a számításaim során kapott eredményeket a modellek szerint csoportosítva. Anyagtranszport állandók, R^2 értékek, diffúziós tényezők és RMSE paraméterek lettek feltüntetve.

1. táblázat: A só anyagtranszportjának számokban történő szemléltetése különböző modellek alkalmazásával a három pácolási módszeren (Kontroll; FKS – felengedtetés közben sózott; FUS – felengedtetés után sózott) keresztül.

Modell	Paraméter	Kontroll	FKS	FUS
<i>Peleg</i>	k1	4,405	11,721	2,355
	k2	0,070	0,060	0,056
	R^2	0,981	0,994	0,997
	RMSE	0,496	0,213	0,255
<i>Zugarramurdi</i>	ks	6,06E-03	3,54E-03	1,24E-02
	R^2	0,935	0,988	0,966
	RMSE	1,094	0,392	1,214
<i>Telis</i>	Ds	3,87E-10	1,77E-10	8,84E-10
	R^2	0,993	0,971	0,992
	RMSE	0,016	0,031	0,028

a, Peleg modell alapján történő értékelés

Az 1. táblázatban feltüntetésre kerültek a Peleg modell által kapott paraméterek a sótartalom tekintetében.

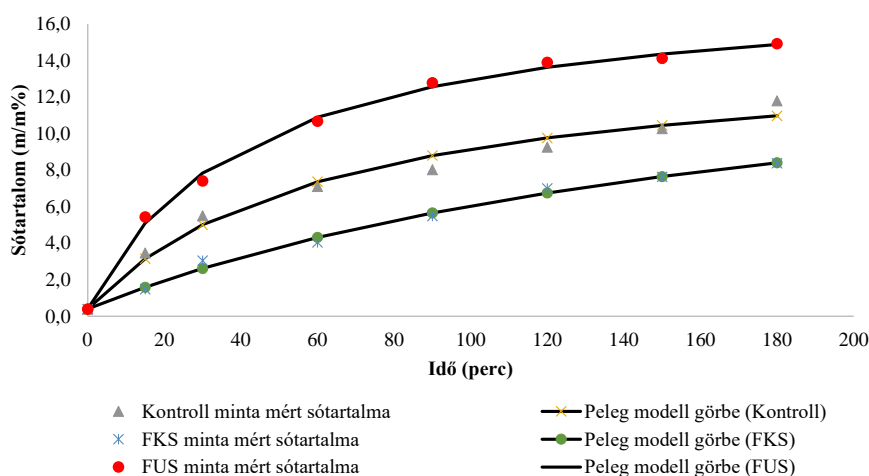
Ahhoz, hogy következtetéseket tudjak levonni anyagtranszport szempontjából a minták esetében, egy konkrét számra volt szükségem, melyet a k_1 értékben találtam meg, mint anyagtranszport állandó. A k_1 érték volt az, melynek eredményeiből következtetést tudtam levonni, mely mintában volt a leggyorsabb a só diffúziója.

Az eredményekből az olvasható ki, hogy minél kisebb a k_1 értéke, annál gyorsabb a sótartalom növekedési sebessége az adott mintában.

Mindezek ismeretében az állapítható meg a Peleg modell anyagtranszport állandóinak (k_1 és k_2) eredményéből, hogy a felengedtetés után sózott mintába diffundált be a legnagyobb hatékonysággal a nitrites pácsó, míg a felengedtetés közben sózott minta teljesített a leggyengébben. Ezen eredmények a vártaknak megfelelőek voltak, hiszen az 4.1 fejezetben leírt okok és a sótartalom meghatározás eredményeiből erre lehetett következtetni.

A 21. ábrában a mért sótartalom mellett a Peleg modell görbe is ábrázolásra került. Az ilyen jellegű diagramokból következtetést tudunk levonni arra, hogy azok a modell görbék melyeket alkalmazunk a só bejutási sebességének jellemzésére, milyen mértékben tudnak illeszkedni az általunk mért adatokra.

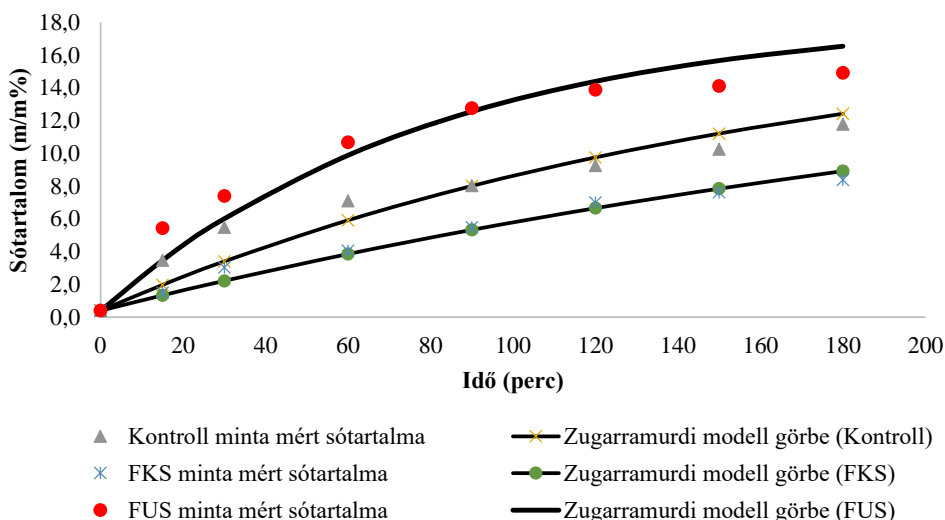
Az illeszkedés mértékének meghatározására az R^2 és az RMSE paraméterek szolgálnak számunkra információt.



21. ábra: Az általam mért sótartalom értékek és a Peleg modell görbe illeszkedésének mértéke.

E modell esetében az R^2 statisztikai korrekciós paraméter az a szám, mely mérvadó lesz a sódiffúzió sebességének elemzésére. $R^2 \geq 0,981$, melyből azt lehet következtetni, hogy kiválóan illeszkedik a mért érték a Peleg modell görbére, vagyis a k_1 paraméter biztosan jól alkalmazható a só anyagtranszportjának jellemzésére.

b, Zugarramurdi modell alapján történő értékelés



22. ábra: Az általam mért sórtartalom értékek és a Zugarramurdi modell görbe illeszkedésének mértéke.

A 22. ábrában szemléltettem a Peleg modellhez hasonló elven működő Zugarramurdi modell görbe és az általam mért sórtartalom alakulását.

A Zugarramurdi modell eredményei alapján is szintén a felengedtetés után sózott minta esetében volt tapasztalható a legjobb eredmény. Itt tudott a legnagyobb sebességgel haladnia a só a hús szövetekben és kialakítani a kívánt sókoncentrációt.

Ebben az esetben az R^2 és az RMSE korrekciós paraméterek voltak azok, melyek információt szolgáltattak számomra az illeszkedés tekintetében. Az RMSE az összes négyzetes eltérés gyöke, mely megmutatja azt, hogy a modell által mért érték mennyire szorosan illeszkedik az általam mért értékhez.

$R^2 \geq 0,935$ és $RMSE \leq 1,214$ eredményekből az a következtetés vonható le, hogy ugyanakkora pontossággal nem, mint a Peleg modell, de a Zugarramurdi modell görbe is szintén kiválóan illeszkedik a mért értékeimhez, így ebben az esetben k_s mutató bátran alkalmazható az anyagtranszport tekintetében.

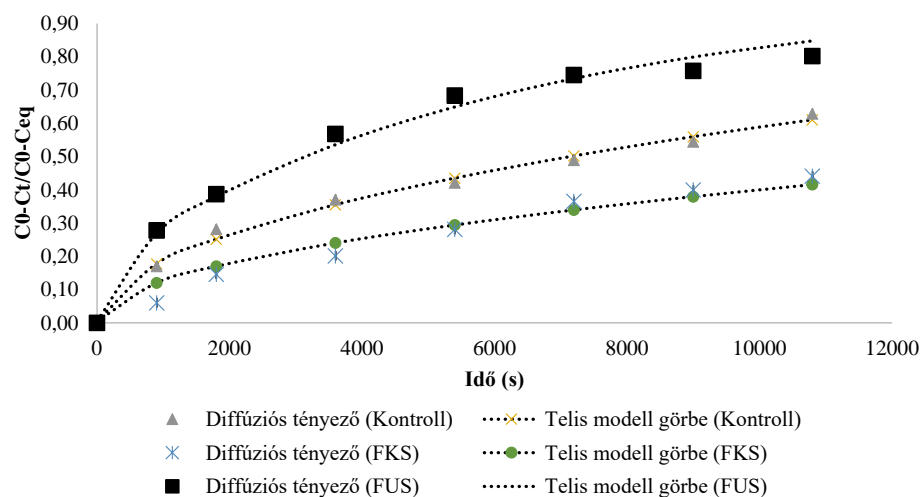
c, Telis modell alapján történő értékelés

A Telis modell a diffúziót leíró modell, mely a diffúziós tényező (Ds) formájában mutatja meg számunkra az anyagtranszport mértékét.

(Picouet et al., 2013) nem csak a sótartalomra vonatkozóan adta meg eredményeit, hanem a sonkák vizsgálata során a diffúziós koefficiens is elemzésre került. Vizsgálatai azt mutatták, hogy a FKS technikával készült minták esetében a diffúzió sebessége 30 %-kal volt nagyobb a nyersen szózott mintákhoz képest.

A 23. ábrában mutatom be a Telis modell görbe és az általam mért diffúziós tényezők illeszkedését, mely mértékéről az RMSE paraméter értékeiből tudok informálódni.

A diagram alapján megállapítható az, hogy a mért adatok és a görbe illeszkedése megfelelőnek tekinthető, nem történt túlzott elmozdulás.



23. ábra: Az általam mért diffúziós koefficiens értékek és a Telis modell görbe illeszkedésének mértéke.

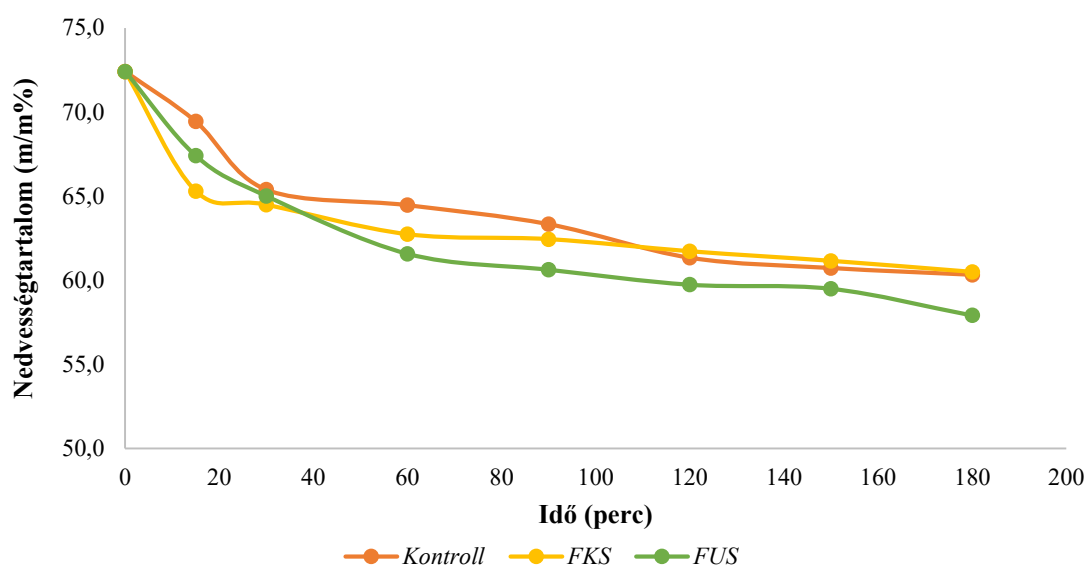
Az 1. táblázat Telis modellhez köthető Ds értékei alapján az a következtetés vonható le, hogy a felengedtetés után szózott $8,84 \cdot 10^{-10}$ Ds érték több mint a kétszerese a kontroll minta eredményéhez képest és durván ötszöröse a felengedtetés közben szózott mintánál.

Ebből megállapítható az, hogy a fagyasztás és felengedtetés folyamata nem csak a sótartalom szempontjából, hanem a diffúzió sebességének tekintetében is a legpozitívabb folyamatnak bizonyult.

4.3 A nedvességtartalom változás elemzése a pácolási minták tekintetében

Harmadik szempontom az értékelés során a nedvességtartalom változásának meghatározása volt, melyhez szintén az átlag értékeket, illetve a korábbiakban is alkalmazott Peleg, Zugarramurdi és Telis modellek által kapott eredményeket használtam.

A különböző pácolási módszerek átlag nedvességtartalom értékeiből készült diagramon mutattam be a víztartalom változását az egyes minták esetében, melyet a 24. ábrán szemléltettem.



24. ábra: Különböző pácolási minták (Kontroll; FKS -felengedtetés közben sózott; FUS -felengedtetés után sózott) nedvességtartalom változásának ábrázolása a pácolási időtartamok függvényében.

A diagram abszolút értékben a felengedtetés után sózott minta esetében történt a legtöbb vízvesztés. A kapott eredmények alátámasztják a kísérletek során tapasztaltakat, ugyanis a felengedtetés után sózott minta esetében nagyon nagy mennyiségű folyadékkiválás volt észlelhető a 180. perc leteltével a nitrites pácson, mellyel a mintákat borítottam be.

Mindez a fagyasztás okozta szövetkárosodások révén következhetett be, hiszen a roncsolt szövetek vízmegtartó képessége korántsem olyan, mint egy ép, egészséges húse.

A diagram lefutásából az olvasható ki, hogy a kontroll, illetve a felengedtetés közben sózott minta nedvességtartalom veszteségének mértéke szinte megegyezőnek tekinthető.

A 2. táblázatban feltüntettem a modellek által kapott eredményeket, melyeket később szintén diagramon ábrázoltam a görbék illeszkedésének szemléltetése végett.

2. táblázat: A nedvességtartalom változásának számokban történő szemléltetése különböző modellek alkalmazásával a három pácolási módszeren (Kontroll; FKS – felengedtetés közben sózott; FUS – felengedtetés után sózott) keresztül.

Modell	Paraméter	Kontroll	FKS	FUS
<i>Peleg</i>	k1	-3,511	-1,400	-2,198
	k2	-0,063	-0,079	-0,059
	R ²	0,977	0,979	0,995
	RMSE	0,612	0,543	0,337
<i>Zugarramurdi</i>	ks	1,77E-03	1,82E-03	2,33E-03
	R ²	0,848	0,703	0,872
	RMSE	2,129	3,357	2,527
<i>Telis</i>	Ds	2,83E-10	3,13E-10	4,57E-10
	R ²	0,965	0,865	0,966
	RMSE	0,032	0,069	0,042

4.3.1 Az alkalmazott modellek szerinti értékelése a nedvességtartalom változásnak

a, Peleg modell alapján történő értékelés

A nedvességtartalom esetében a Peleg modellnél szintén a k1 paraméter volt az, mely értéke alapján következtetéseket vontam le és rangsorolni tudtam az egyes mintákat.

Ebben az esetben minél közelebb áll a k1 értéke a nullához, annál gyorsabb a víztartalom csökkenésének sebessége.

Eredményként negatív értékeket kaptam. Ennek oka az, hogy körülbelül 10 % sókoncentrációig a nedvességtartalom esetében növekedést lehet tapasztalni, azonban 10 % felett már annak csökkenése volt tapasztalható. (F.C. Schmidt *et al.*, 2008)

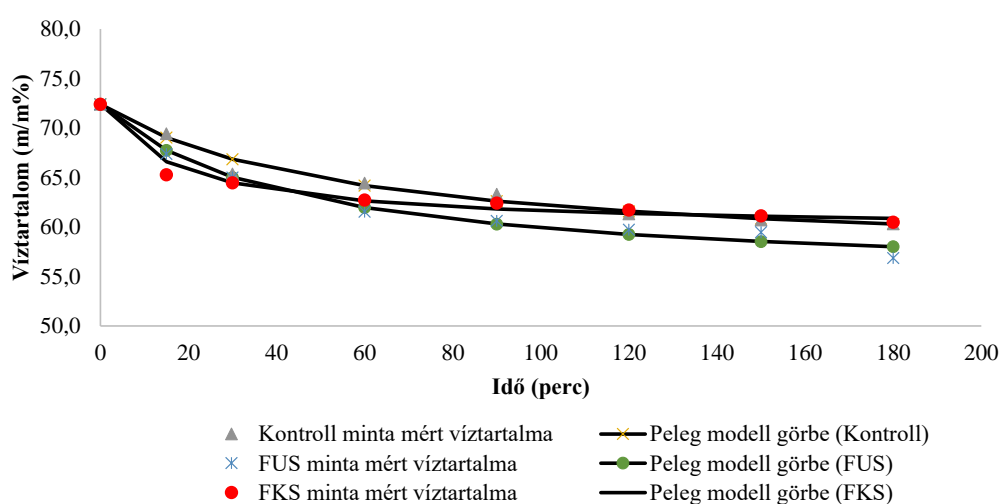
Az én esetemben egy telített sóoldattal volt dolgom, mely egyértelműen a nedvesség távozását idézte elő a mintákból. Magyarázat erre az, hogy a húsban az ozmózis ereje sokkal nagyobb volt, mint a diffúzióé. A só a diffúzió révén befelé irányuló mozgást akar végrehajtani, míg a víz a környezet felé akar mozogni annak céljából, hogy hígítsa a közeget a túltelítettség miatt.

$R^2 \geq 0,977$ paraméterből az állapítható meg, hogy a Peleg modell görbe és az általam mért víztartalom illeszkedése megfelelő, a k_1 érték jól alkalmazható.

A k_1 értékek alapján a felengedtetés közben szózott mintában volt a leggyorsabb kezdeti vízvesztés (-1,400), majd azt követte a felengedtetés után szózott minta, azonban abszolútértékben az utóbbi esetben történt a legtöbb nedvesség távozása. Ez az eredmény valószínűleg a sózás kezdeti 15-30 percében bekövetkezett nagyobb mértékű nedvességtartalom csökkenésnek tudható be.

Leglassabb kezdeti vízvesztési folyamatot a kontroll mintánál lehetett tapasztalni.

Az előbbieken leírtakat tökéletesen szemlélteti a 25. ábra is melyen jól látható a nedvességtartalom csökkenése a Peleg modell esetében.



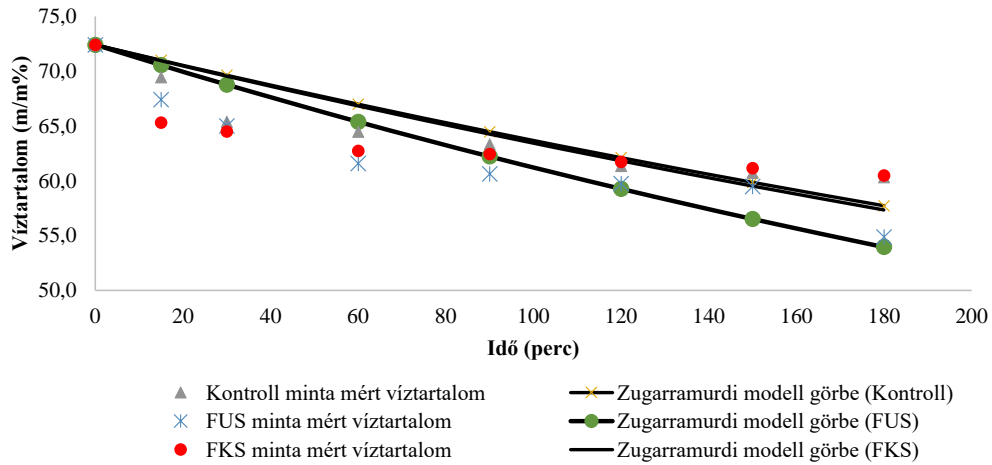
25. ábra: Az általam mért nedvességtartalom értékek és a Peleg modell görbe illeszkedésének mértéke.

b, Zugarramurdi modell alapján történő értékelés

A Zugarramurdi modell alkalmazása teljes egészében úgy történt, mint ahogyan a sótartalom meghatározásában tettem, szintén a Peleg modell elveihez hasonló módszerrel.

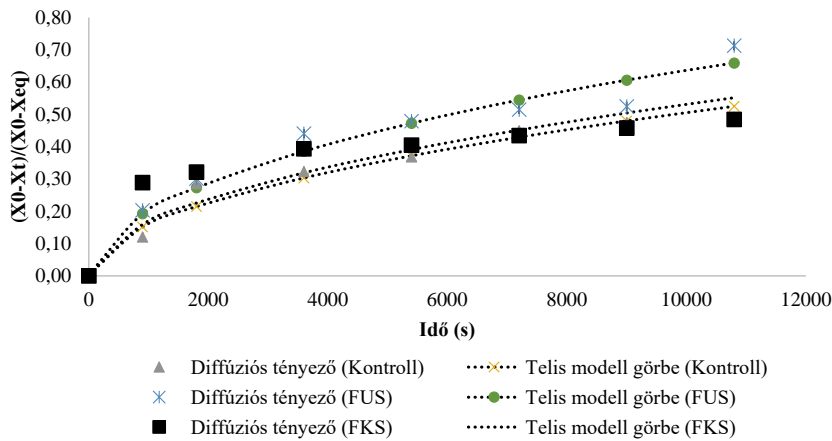
Ebben az esetben az $R^2 \geq 0,703$ értéket eredményezett, mely a 26. ábra paramétereinek megfelelő illeszkedését igazolja, azonban nem olyan pontossággal, mint a sódiffúziónál alkalmazott Zugarramurdi modell esetében.

A későbbiekben leírásra került Telis modellnél igazolt eredményeket mutatja a diagram, mely szerint a felengedtetés után szózott minta esetében történt a legtöbb vízvesztés ($2,33 \cdot 10^{-3}$), míg a kontroll és a felengedtetés közben pácolt minták értékei szinte egyformák lettek, amely a diagram párhuzamos lefutásán is jól látható.



26. ábra: Az általam mért nedvességtartalom értékek és a Zugarramurdi modell görbe illeszkedésének mértéke.

c, Telis modell alapján történő értékelés



27. ábra: Az általam mért nedvességtartalom értékek és a Telis modell görbe illeszkedésének mértéke.

A nedvességtartalomhoz kapcsolódó D_s érték alapján az a következtetés vonható le, hogy a felengedtetés után szózott minta $4,57 \cdot 10^{-10}$ D_s értéke majdnem kétszerese a kontroll minta eredményének és durván másfélszerese a felengedtetés közben szózott mintának.

A Telis modell esetében az $R^2 \geq 0,865$, vagyis a görbe és a mért adatok illeszkedése megfelelő, melyet a 27. ábrán szemléltettem.

5. Összefoglalás

Munkám célkitűzése a fagyasztással és felengedetéssel egybekötött pácolás hústra gyakorolt hatásának vizsgálata volt, azon belül is az, hogy milyen mértékben képes az alkalmazott kombináció befolyásolni a só bejutását, illetve a nedvességtartalom alakulását.

Összesen 3 száraz sózási módszert alkalmaztam: kontroll (hűtött hús száraz sózása), felengedetés közben sózás, felengedetés után sózás. Kísérleteim végeztével számítások révén meghatározásra került a sótartalom mennyiségi változása az egyes mintákban, illetve különböző matematikai modellek segítségével a sódiffúzió sebességének leírása is megtörtént. Mindezek mellett a nedvességtartalom csökkenésének sebessége, illetve annak mértéke is az eredmények elemzéséhez tartozott, mely paraméternél szintén alkalmazásra kerültek a korábba már említett matematikai modellek. A készített diagramok alapján megállapítható lett az, hogy a modellek görbéi minden esetben kiválóan illeszkedtek az általam mért értékekhez, vagyis számításaim megfelelőnek bizonyultak.

A sótartalom tekintetében született eredmények alapján megállapítható, hogy a felengedetés után sózott mintába jutott be a legtöbb só, illetve a sódiffúzió is ebben mintában volt a leggyorsabb. Ez esetben a só diffúziója több, mint 2x bizonyult gyorsabbnak a kontroll (fagyasztás-felengedetés nélküli) sózáshoz, és közel 5x bizonyult gyorsabbnak a felengedetést közben végzett sózáshoz képest. Utóbbi különbséggel kapcsolatban azonban érdemes megjegyezni azt, hogy a fagyasztott húsminták hőmérséklete -18°C alatt volt, és víztartalmuk, vagyis a só oldószere szilárd jég formájában volt jelen.

A legnagyobb nedvességtartalom változást szintén a felengedetés után végzett pácolás során tapasztaltam, ellenben a leggyorsabb kezdeti vízcsökkenést a felengedetés közben sózott minta eredményezte. A kontroll minta bizonyult ebben az esetben a legellenállóbbnak.

A só diffúziójának szempontjából a fagyasztást, majd felengedetést követően végzett sózás mutatta a legkedvezőbb eredményt, így ebből a szempontból ennek használatát javaslom.

6. Irodalomjegyzék

- Akköse, A. (2017) 'Effect of freezing/thawing process on salting kinetics and thermal properties of beef', *CyTA - Journal of Food*, 15(3), pp. 418–424. Available at: <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1287776>.
- Bao, G. *et al.* (2022) 'Effects of ultrasound pretreatment on the quality, nutrients and volatile compounds of dry-cured yak meat', *Ultrasonics Sonochemistry*, 82, p. 105864. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105864>.
- Barat, J.M. *et al.* (2004) 'Replacement of pile salting by simultaneous brine thawing–salting in Spanish cured ham manufacturing', *Meat Science*, 66(3), pp. 603–608. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00176-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00176-1).
- Bartos és mtsai. C. (2014) 'Szónikus kavitáció alkalmazása hatóanyag szemcseméretének csökkentésére', *Acta Pharmaceutica Hungarica* [Preprint].
- Berczeli és mtsai. (2019) 'ÚTMUTATÓ A HÚSKÉSZÍTMÉNYEK GYÁRTÁSA JÓ HIGIÉNAI GYAKORLATÁHOZ'. Available at: https://campdenbri.hu/kiadvanyok/GHPdokumentumok/ghp_13.pdf.
- Bhat, Z.F. *et al.* (2019) 'Current and future prospects for the use of pulsed electric field in the meat industry', *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(10), pp. 1660–1674. Available at: <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1425825>.
- Dióspatonyi, I. (2001) *A húsfeldolgozás technológiája*. Available at: <http://chemonet.hu/hun/food/technol/husipar/husipar.html> (Accessed: 30 October 2023).
- Domokos D.E. (2009) 'Transzportfolyamatok a környezetvédelemben'. Available at: <https://tudastar.mk.uni-pannon.hu/anyagok/22-Transzportfolyamatok.pdf>.
- Élelmiszerkönyv 1-3/13-1 A.M. (2009) 'A Magyar Élelmiszerkönyv 1-3/13-1 számú előírása a húskészítményekről és egyes előkészített húsokról', p. 25.
- F.C. Schmidt *et al.*, (2008) 'Salting operational diagrams for chicken breast cuts: Hydration–dehydration', *Journal of Food Engineering*, 88(1), pp. 36–44. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.12.005>.
- Friedrich L. (2008) *Ultrahang alkalmazása húskészítmények minősítésében és gyártástechnológiájában*. phd. Budapesti Corvinus Egyetem. Available at: <http://phd.lib.uni-corvinus.hu/288/> (Accessed: 14 December 2022).
- Hartyáni, P. (2012) *Pulzáló elektromos térerő és nagy hidrosztatikai nyomás alkalmazása gyümölcslevek kíméletes tartósítására - PDF Free Download*. Available at: <https://docplayer.hu/7796652-Pulzalo-elektromos-terero-es-nagy-hidrosztatikai-nyomas-alkalmazasa-gyumolcslevek-kimeletes-tartositasara.html> (Accessed: 15 December 2022).
- Inguglia, E.S. *et al.* (2018) 'Influence of extrinsic operational parameters on salt diffusion during ultrasound assisted meat curing', *Ultrasonics*, 83, pp. 164–170. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2017.03.017>.

- Jo, K. *et al.* (2020) 'Nitrite sources for cured meat products', *LWT*, 129, p. 109583. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109583>.
- Jónás G. (2021) 'Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem', p. 121.
- Körmendy, L. and Gantner, G. (1956) 'A hús pácolásánál szereplő tényezők vizsgálata'.
- Lesiów, T. and Kijowski, J. (2003) 'IMPACT OF PSE AND DFD MEAT ON POULTRY PROCESSING - A REVIEW.', *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 53(2), pp. 3–8.
- Macdougall, D.B., Mottram, D.S. and Rhodes, D.N. (1975) 'Contribution of nitrite and nitrate to the colour and flavour of cured meats', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 26(11), pp. 1743–1754. Available at: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740261117>.
- Mariana, K. (2014) 'A Taste of the Past: Pastirma - History of Greek Food | Fanis' Karamanlidika', 1 August. Available at: <https://www.karamanlidika.gr/en/a-taste-of-the-past-pastourma-history-of-greek-food/> (Accessed: 30 October 2023).
- Molnár, K. (2007) 'Fázisok közötti anyagtranszport hatékonyságának növelése fokozatszerű fázisérintkeztetés esetén, mozgó töltet alkalmazásával'.
- Nágl, P. (2017) 'Hentes es meszáros mester - Jegyzet'. Available at: <https://www.nak.hu/images/2021/Szakkepzes/Hentes-s-mszros-mester-jegyzet.pdf>.
- Narasimha Rao, D. and Sachindra, N.M. (2002) 'Modified Atmosphere and Vacuum Packaging of Meat and Poultry Products', *Food Reviews International*, 18(4), pp. 263–293. Available at: <https://doi.org/10.1081/FRI-120016206>.
- Ohlsson, T. and Bengtsson, N. (2000) 'Minimal Processing Technologies in the Food Industry'.
- Pérez-Palacios, T. *et al.* (2010) 'Influence of pre-cure freezing of Iberian ham on proteolytic changes throughout the ripening process', *Meat Science*, 85(1), pp. 121–126. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.12.015>.
- Picouet, P.A. *et al.* (2013) 'Estimation of NaCl diffusivity by computed tomography in the Semimembranosus muscle during salting of fresh and frozen/thawed hams', *LWT - Food Science and Technology*, 51(1), pp. 275–280. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.004>.
- Ramarathnam, N. and Rubin, L.J. (1994) 'The flavour of cured meat', in F. Shahidi (ed.) *Flavor of Meat and Meat Products*. Boston, MA: Springer US, pp. 174–198. Available at: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2177-8_10.
- Ráti S. (2012) 'Az izomkontrakció szabályozása molekuláris szinten'. Available at: http://malnalab.hu/wp-content/uploads/szakedolgozat_Rati_Szilvia.pdf.
- Savanović, D.M., Grujić, R.D. and Savanović, J.M. (2019) 'The influence of the freezing rate on the physico-chemical properties of pork meat (M. Longissimus dorsi)', *Acta Periodica Technologica*, (50), pp. 228–235.

Silina, L. *et al.* (2012) ‘Colour and tenderness changes of marinated venison during storage’, *Chemical Technology*, 61(3), pp. 50–53. Available at: <https://doi.org/10.5755/j01.ct.61.3.2711>.

Simon A. *et al.* (2015) ‘Medicina Könyvkiadó Zrt • Budapest, 2015’.

Szabó és mtsai. (2015) ‘Élelmiszer-tudományi ismeretek’. Available at: https://www.etk.pte.hu/public/upload/files/Palyazati_iroda/elnyert/Ellelmiszertudomanyi_ismeretek.pdf.

Szécsi I. (2021) ‘Pácok Archívum’, *Fainfo*. Available at: <https://www.fainfo.hu/category/pacok/> (Accessed: 31 October 2023).

Telis, V.R.N. *et al.* (2003) ‘Salting kinetics and salt diffusivities in farmed Pantanal caiman muscle’, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(4), pp. 529–535. Available at: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000400012>.

Toldrá, F. (2008) *Dry-Cured Meat Products*. John Wiley & Sons.

Török T. (2013) ‘FÉMES ÉS SZERVETLEN BEVONATTECHNOLÓGIÁK’. Available at: <http://metont.uni-miskolc.hu/wp-content/uploads/2014/03/12-F%C3%A9mes-%C3%A9s-szervetlen.pdf>.

Tuboly, E. (2009) ‘NAGY HIDROSZTATIKUS NYOMÁSÚ TECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSÁNAK HATÁSAI NÉHÁNY ÉLELMISZER MIKROBIOLÓGIAI ÁLLAPOTÁRA ÉS MÁS MINISÉGJELLEMZŐIRE’. Available at: http://phd.lib.uni-corvinus.hu/394/1/tuboly_eszter.pdf.

Zhang, Y. *et al.* (2022) ‘Effects of pulsed electric field pretreatment on mass transfer and quality of beef during marination process’, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 80, p. 103061. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103061>.

Internetes hivatkozások:

1. **ábra (internet 1):** <https://ottogrills.com/blogs/post/spicy-how-to-marinade-meat>

2. **ábra (internet 2):** <https://eataly.com.br/prosciutto-di-parma-dop/prosciutto-di-parma-action/>

3. **ábra (internet 3):** <https://amazingribs.com/tested-recipes/salting-brining-curing-and-injecting/curing-meats-safely/>

4. **ábra (internet 4):** <https://www.derrickriches.com/garlic-maple-pork-injection/?fbclid=IwAR3qI71XAxyQDIHKFHZ7Ekq3oNiI6F4EwkuOWUSWkHZvCkHziS799Kf4ag>

5. **ábra (internet 5):** <https://univet.hu/files/courses/dt/7408/files/El%C5%91ad%C3%A1s%202019-2020-2/H%C3%BAs%20%C3%A9r%C3%A9se%20%C3%A9s%20tulajdons%C3%A1gai%20Laczay%202020.pdf>

6. **ábra (internet 6):** <https://geneq.com/materials-testing/en/product/konica-minolta/chroma-meter-11967>
7. – 8. **ábra (internet 7-8):** <https://core.ac.uk/download/pdf/80147231.pdf>
9. **ábra (internet 9):** (Körmendy and Gantner, 1956)
10. **ábra (internet 10):** <https://carnitec.com/products/vakona-vacuum-mixing-and-tumbling-machine-vm-60-220/>
11. **ábra (internet 11):** http://phd.lib.uni-corvinus.hu/647/1/Hartyani_Piroska.pdf
12. **ábra (internet 12):** http://phd.lib.uni-corvinus.hu/394/1/tuboly_eszter.pdf
13. **ábra (internet 13):**
https://www.researchgate.net/publication/345356023_The_Effect_of_AgingFreezing_Sequence_and_Freezing_Rate_on_Quality_Attributes_of_Beef_Loins_M_longissimus_lumborum
14. **ábra (internet 14):**
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643812003325>

7. Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom,

Dr. Jónás Gábor egyetemi adjunktusnak, ki végig támogatóan kísért diplomamunkám megírása közben, szakmai tudására mindig támaszkodhattam.

Fáradhatatlanul válaszolt minden felmerülő kérdésemre, nem számított a késő délután, este, vagy éppen hétféje, hogy időt áldozzon rám.

8. Nyilatkozatok

Nyilatkozat a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: *Horváth Zsófia*

A Hallgató Neptun kódja: *G2463V*

A dolgozat címe:

Fagyasztott hús felengedtetése közben végzett pácolás hatásának vizsgálata

A megjelenés éve: *2023*

A konzulens intézetének neve:

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

A konzulens tanszékének a neve:

Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsgabizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023. november 5.

Horváth Zsófia
Hallgató aláírása

