



AZ ULTRAHANG ÉS A NAGY HIDROSZTATIKUS NYOMÁSÚ KEZELÉS KOMBINÁLT HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA A HÚS PÁCOLÁSA SORÁN

VISY ANNA¹- HIDAS KARINA ILONA¹- KOÓSZ ZSUZSANNA¹- BARKÓ
ANNAMÁRIA¹-HORVÁTH-MEZŐFI ZSUZSANNA¹- LIEN PHOUNG LE
NGUYEN^{1,2}- FRIEDRICH LÁSZLÓ¹-JÓNÁS GÁBOR¹

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi- és Technológiai
Intézet, Budapest

² Institute of Biotechnology and Food Technology, Industrial University of Ho Chi
Minh City, Ho Chi Minh, Vietnam

ÖSSZEFOGLALÁS

A pácolási folyamat a nátrium-klorid (NaCl) húsba történő bejutásán alapul. A NaCl diffúziója a húsba lassú folyamat, így a pácolást gyakran más kezelésekkel egészítik ki. Erre szolgálhat alternatív kiegészítő technológiaként az ultrahang (UH) és a nagy hidrosztatikus nyomáskezelés (HHP). A kísérlet célja a kombináltan és önmagában alkalmazott kémleletes technológiák hatásainak vizsgálata volt a só tartalom, szín, fehérjedenaturáció és szerkezeti változások szempontjából a pácolás során. A kísérlet elvégzéséhez hasáb alakú sertéskaraj (*Longissimus dorsi*) mintákat használtunk. A húsmintákat 10 m/m%-os sólében pácoltuk. A mintákat 5 percig ultrahanggal kezeltük (20 kHz), vagy 5 percig 300 MPa nyomáson szobahőmérsékleten nyomáskezeltük 5 perc nyomáson tartási idővel. Vizsgáltuk a kombinált kezeléseket is. A sertéshúson 300 MPa nyomást alkalmaztunk 2,5 percig szobahőmérsékleten a 20 kHz-es, 2,5 percig tartó UH kezelés előtt és után. Az eredmények azt mutatták, hogy az UH és a HHP kezelés jelentősen ($p < 0,05$) megnövelte a só tartalmat a kontroll mintákhoz képest. A minták só tartalma az UH+HHP kezelés esetében volt a legmagasabb (3,93%). Ezen kívül a húsminták világossága (L^*) minden kezelés esetében jelentősen megnőtt. Az ultrahanggal kezelt mintáknál a hússzövet mikroszerkezete nagymértékben megváltozott.

Kulcsszavak: pácolás, nagy hidrosztatikus nyomáskezelés (HHP), ultrahang (UH)

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A pácolás olyan tartósítási mód, amely során adalék- és segédanyagok hozzáadásával, valamint esetlegesen még füstölés és szárítás segítségével hosszabb ideig tárolható a pácolt hús, valamint kialakulhat az ezekre az élelmiszerekre jellemző íz, szín és illat. Manapság a pácolás céljának nemcsak a tartósítás tekinthető a vízaktivitás csökkentése és a káros mikrobiológiai folyamatok gátlása által, hanem az íz- és színekialakító hatás is (*Taormina 2014*). Mindemellett napjainkban már fontos szempontnak tekinthető a termelékenység és kihozatal -, valamint a hús víztartókéességének növelése is (*Shahidi et al. 2014*).

A húspácolási módszerekben megkülönböztetünk nedves és száraz pácolási eljárást. Nedves eljárás során a páckevertet vízben feloldják, és a húst ebbe a páclébe mártják. A nedves pácolás előnyének tekinthető, hogy a termék előbb eléri a pácérett állapotot. A pácolás lassú tömegtranszport műveletek közé tartozik. Ebben az esetben kétirányú tömegtranszport folyamat megy végbe a hús és a páclé között: a só a húsba diffundál, a húsból a víz pedig ozmózis hatására távozik. Így a szilárd összetevőkben történő változás eredményeként csökken az elérhető víz mennyisége, ami az enzimek és mikroorganizmusok okozta degradációs folyamatoknak kedvez (*Cárcel et al. 2012*). Mivel az áztatásos technológia egy hosszadalmas pácolási eljárás, a pácanyagok húsba való diffundálása függ a húson található zsírrétegtől és a pácolás hőmérsékletétől. Tekintve, hogy az immerziós pácolási eljárás sok időt vesz igénybe, ilyenkor a mikrobiológiai romlás is elkezdődhet. Ezt megelőzendően alkalmaznak pácolást gyorsító anyagokat, például aszkorbátot (*Shahidi et al. 2014*). Az immerziós technológia mellett ma már egyre elterjedtebbek azok az eljárások, amelyekkel lerövidíthető a pácolás folyamat, elérhető a páclé gyorsabb és egyenletesebb eloszlása a húsban (*Loneragan et al. 2019*). Léteznek még további tömegtranszport folyamatokat felgyorsító módszerek, ilyen például a vákuumkezelés, nyomáskezelés, PEF vagy az UH (*Cárcel et al. 2012*). Az élelmiszeriparban a hagyományos feldolgozó technológiák fejlesztésére, új eljárások kialakítására van szükség, hiszen egyre nagyobb szerepet kapnak a tudatos fogyasztói igények, szokások, melyek kielégítéséhez innovációra van szükség (*Ojha et al. 2018*). Ilyen jövőbe mutató nem-termikus technológiának tekinthető többek között a nagy

hidrosztatikus nyomás (HHP) és az ultrahang (UH) is. Ezekkel az új technológiákkal biztonságos, magas minőségű, nagy hozzáadott értékkel rendelkező élelmiszerek állíthatók elő, amelyek rendelkeznek a kívánt tápérték-, és állomány-béli, fizikai-kémiai tulajdonságokkal, valamint alig, vagy nem veszítenek az eredeti természetes minőségükből, jellegükből. Ezeknek a technológiáknak az alkalmazásával az élelmiszerek előállítási/gyártási ideje csökkenthető, ezáltal nemcsak az energiaigény lesz kevesebb, de a környezeti és anyagi költségek és terhek is mérsékelhetők (*Ojha et al. 2018; Heinz, V., & Buckow, R. et al. 2010*).

Az ultrahang alkalmazása során, amikor az egy közegben terjed, különböző fizikai (20-100 kHz) és kémiai (200-500 kHz) változásokat eredményez a közeg jellegétől függően. Ilyen változás lehet például a nyomás, a rezgés, vagy a keverés. Az UH általánosságban az anyagban lévő molekulák, a közeg összenyomódását és dekompresszióját okozza, aminek hatására a szilárd anyagok szivacs-szerűen ismételten összenyomódnak és elernyednek. Ez a „szivacs-jelenség” (mikroszatórnák és mikroörvények képződése a felszínen) a folyadék szilárd test felszínén keresztül történő ki- és bevándorlását jelenti. A hullámok terjedése során az UH jellemző tulajdonságai (sebesség, csillapodás, frekvenciaspektrum és egyebek) is megváltozhatnak (*Cárcel, et al. 2012; Ojha et al. 2018; Ozuna et al. 2013*). Az UH alkalmazása során a folyékony közvetítő közegben a váltakozó nyomás hatására kavitációs buborékok képződnek az oldott gázok oldhatóságának lecsökkenése által. Az akusztikus kavitáció oszcilláló légbuborékokat képez, amelyek adiabatikusan összeomlanak. A buborékok kipukkadása által mikroörvények képződhetnek, amelyek hozzáütközhetnek a szilárd test felületéhez, ezáltal pedig folyadékrészecskék áramolhatnak be a szilárd testbe (*Cárcel et al. 2012; Wu Li et al. 2020*). Pácolás során a mikrobuborékokból a páclé áramlik be a húsbba, így gyorsabb és egyenletesebb a páclé diffúziója a hús szövetekbe. A diffúziós állandó exponenciálisan nő az UH intenzitásával (*Ojha et al. 2018*). Az UH ezen kívül hatással van más fizikokémiai tulajdonságokra is (állomány, vízáktivitás, főzési veszteség), és csökkenti a pácolási időt anélkül, hogy befolyásolná a húsminőséget.

A másik kíméletes tartósítási módszerként említhető nagy hidrosztatikus nyomáskezelés (HHP) az élelmiszeriparban az élelmiszerek tartósítására és módosítására szolgáló technológia, ami válasz a fogyasztói elvárásokra. A technológia alkalmazásával megőrizhetők a termék érzékszervi tulajdonságai, valamint értékes

összetevői (pl. aromákat, vitaminok), ugyanakkor mikrobiológiailag biztonságos eljárás (Salazar et al. 2020). Az összes élelmiszerösszetevő közül az izmokra (a glikolízis folyamata során) és izomfehérjékre (különösen a miofibrilláris fehérjék közötti kapcsolódásokra) van a legnagyobb hatással a nagy hidrosztatikus nyomás (Sun et al. 2010). A húsok és húskészítmények nyomáskezelése során nemcsak az eltarthatóság növelhető a mikrobák inaktiválása által, de puhul a hús, javulnak a fehérje és lipid összetevők funkcionális tulajdonságai, szabályozhatók az izmokban végbemenő enzimátikus folyamatok és egyébek. Jelentős a HHP ízfokozó hatása is, jobban érzékelhető a sós íz a nyomáskezelt húsban. A nyomáskezelés javítja a húskészítmény alapanyagául szolgáló nyers hús vízmegkötő képességét, és így akár csökkentett a sótartalmú termék előállításához is jó alternatív technológia lehet (Bajovic et al. 2012; Smetana et al. 2019).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletek elvégzése csont nélküli sertéskaraj felhasználásával történtek. A mintákat 10%-os nitrítés pácstól tartalmazó páclében pácoltuk. Az alkalmazott kezelések a következők voltak:

1. nyers hús: semmilyen kezelés nem történt
2. kontroll: 5 min-ig páclében áztatott minta
3. UH kezelt: ultrahanggal kiegészített pácolás → 5 min, 20 kHz
4. HHP kezelt: nagy hidrosztatikus nyomású kezeléssel kiegészített pácolás → 5 min, 300 MPa
5. UH + HHP kezelt minta: UH-val majd HHP-vel kiegészített pácolás → 2,5 min 20 kHz + 2,5 min 300 MPa
6. HHP + UH kezelt minta: HHP-vel majd UH-val kiegészített pácolás → 2,5 min 300 MPa + 2,5 min 20 kHz

Minták mérete: 3 cm vastag, 1,8 cm átmérőjű húsdarabok. Minden kezelés során 6 db húsminta pácolása történt ≈120 g páclében, összesen 5 percre, kezeléstől függetlenül.

Ultrahang (UH)

20 KHZ frekvenciájú, 400 W névleges teljesítményű UH készülék alkalmazásával (Sonic Digital ULC Premium) egészítettük ki a pácolást. A készülék 90% határfokon működik, ami 360 W valódi teljesítményt jelent. Az UH szonda sugárzó felületének átmérője $d = 60$ mm. A valódi teljesítmény és a sugárzó felület hányadosa alapján az intenzitás $12,73 \text{ W/cm}^2$. A húsmintákat és a páclevet egy főzőpohárba helyeztük, majd elvégeztük a kontakt UH szonda segítségével a kezelést.

Nagy hidrosztatikus nyomáskezelés (HHP)

A nagy hidrosztatikus nyomáskezeléseket Resato FPU 100-2000 berendezéssel hajtottuk végre. A kezelésekhöz flexibilis, szivárgásmentesen záródó polietilén tasakokat alkalmaztunk, amelyek 120 g páclevet és a húsmintákat tartalmaztak. A nyomáskezelés 300 MPa nyomáson 5 perc nyomáson tartási idővel történt.

A kezelt mintákon a következő méréseket végeztük el:

Színmérés

A minták színmérése Konica Minolta CR 400 típusú tristimulusos színmérő készülékkel történt. A CIE $L^*a^*b^*$ rendszer által meghatározott három szintényezőt mértük: L^* : világossági szintényező; a^* : vörös-zöld szintényező, b^* : sárga-kék szintényező.

Sótartalom meghatározás

A pácolás során a húsba diffundált só mennyiségének meghatározása argentometriás csapadékos titrálással, Mohr-féle sótartalom meghatározással történt. Az élelmiszer (hús) oldatban jelen levő Cl^- ionok az AgNO_3 -tal fehér csapadékot képeznek. A feleslegbe kerülő AgNO_3 mérőoldat és K_2CrO_4 oldattal barnás-vörös csapadékot alkotva jelzi a titrálás (a reakciók) végét (Korányi et al., 1990). A mérés elvégzéséhez 5 g minta bemérése szükséges, amit desztillált vízzel történő feltöltés után 90°C -on 30 percig hőkezeltünk. Ezt követően a lehűtött mintákat desztillált vízzel jelre töltöttük, majd leszűrtük. 10 ml szűrlethez 5 csepp 5%-os K_2CrO_4 indikátor oldatot adtunk, majd AgNO_3 oldattal narancsos-vörös színátmenetig titráltuk. A kapott fogyásokból a következő képlettel számítható ki a minták sótartalma:

$$\text{só tartalom } \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) = \frac{V * f * E * V_{\text{lombik}}}{V_t * m}, \text{ ahol}$$

V – a mérőoldat fogyás (ml)

f – mérőoldat faktora

E – sóegyenérték (mg)

V_{lombik} – a mérőlombik térfogata (ml)

V_t – a titrált térfogat (ml)

m – bemért húsminta tömege (g).

Gélelektroforetikus vizsgálat

A különböző pácolási kezelések miofibrilláris és szarkoplazma fehérjékre gyakorolt hatásának vizsgálata SDS-poliakrilamid gélelektroforetikus vizsgálat alkalmazásával történt, amellyel molekulatömeg alapján különíthetők el a különböző fehérjék. Bio-Rad Mini-PROTEAN Tetra Cell készüléket alkalmaztunk a fehérjék elválasztásához, amely vertikális kialakítású rendszer. A méréshez 15%-os fő- és 6 %-os akrilamid gyűjtőgél (*Laemmli 1970*), és analitikai tisztaságú vegyszereket használtunk. Referenciaként 10 db eltérő (250 kDa – 10 kDa) molekulatömegű fehérje standard szolgált. Az elválasztás 200V-on történt, ez a folyamat megközelítőleg 45-60 percet vett igénybe. Jelölő festékként a futtató puffer és brómfenolkék keverékét használtunk, a szétválasztási folyamat végét jelzi, ha a jelölő festék elérte a gél alsó részét. A futtatás utáni fixálás 20%-os TCA-val (tri-klór ecetsav) történt (20 perc). Ezt követően elvégeztük a PAGE-gélmosást, végül a gélek színezését Coomassie Brilliant Blue 0,2%-os festékoldattal (20 perc), a felesleges festék eltávolítása 10%-os ecetsav oldattal történt. Az eredmények rögzítését Gel Doc XR+ Gel Documentation System-ben, a mérések kiértékelését pedig Quantity One 1-D Analysis Software és Image Lab Software programokkal végeztük.

Elektronmikroszkóp (SEM)

Páasztázó elektronmikroszkóp segítségével a különböző pácolási módok (hagyományos, UH, HHP, UH+HHP, HHP+UH) izomrostokra, miofibrillumokra, és azok szerkezeti változásaira gyakorolt hatását vizsgáltuk. A felvételeket Thermo Scientific™ Prisma™ E SEM elektronmikroszkóppal készítettük. A mérés elvégzése a következő lépésekből állt:

1. Minta tisztítása és feldarabolása legfeljebb 5 mm nagyságú darabokra
2. Ragasztás
3. Minták vezetőképessé tétele
4. Vizsgálat és felvételkedzés

A pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok a megfelelő felbontású képalkotáshoz jellemzően nagy vákuumot (általában 0,001 Pa, maximum 50 Pa) használnak, amely a magas, 65-70 m/m%-os víztartalmú húsmintákat erősen kiszárítaná. Környezeti üzemmódban a mérés 100%-os páratartalomban, 300 Pa körüli nyomáson történt.

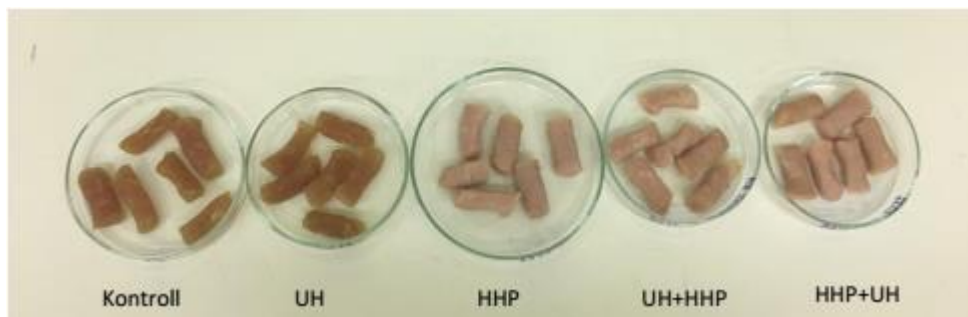
Statisztikai értékelés

Az elvégzett mérések során kapott eredmények statisztikai értékelése IBM SPSS 23.0.0 verziószámú statisztikai szoftverrel történt. Az adatsorokon egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) végeztünk $p < 0,05$ szignifikancia szint mellett.

EREDMÉNYEK

Húsminták színének változása a kezelések hatására

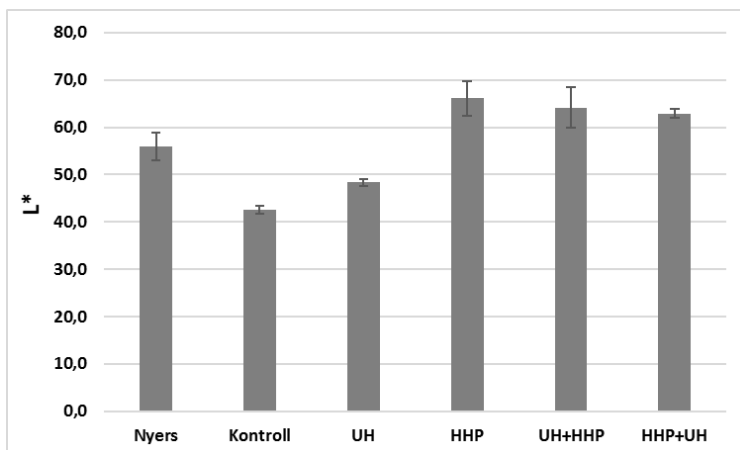
A színmérés eredményit összehasonlítva látható (1. ábra), hogy a nyers mintához képest mindegyik pácolt minta színe kisebb vagy nagyobb mértékben eltér, annak ellenére, hogy a pácolást minden esetben nitrites pácsót tartalmazó páclében végeztük.



8. ábra: A különböző pácolási kezeléseken átesett húsokról készült felvétel

Figure 1: A picture of meat cured in different ways

A színmérés eredményeit ábrázoló diagramok (2. és 3. ábra) y tengely beosztása a jobb szemléltethetőség miatt különböző.



9. ábra: A pácolt hús világossági tényező (L*) értékeinek alakulása a különböző kezelések függvényében

Figure 2: Evolution of the lightness factor (L*) values of cured meat as a function of the different treatments

A világossági tényező, vagyis az L* mérése során kapott eredményeket a 2. ábra szemlélteti. A diagramon látható, hogy a kontroll és az ultrahanggal kezelt minták esetében a nyers mintához képest csökkenés figyelhető meg az L* értékekben. Ellenben a szimpla HHP kezelés vagy a kombinált kezelések (UH+HHP; HHP+UH) esetében megnövekedett a világossági tényező, a hús színe tehát fakóbb lett. Az L* világossági tényező növekedése akkor jelentkezik, amikor már nem maradt több mioglobin a felszínen, és nő a fény szétszóródása a fehérjedenaturáció következtében (Warner 2014). A világossági tényező értékek statisztikai elemzéséből kiderül, hogy a különböző módon pácolt minták esetén szignifikáns különbség mutatkozik az L* tekintetében. Azt, hogy mely minták között mutatkozik ez a különbség, és melyek térnek el kevésbé egymástól, a Tukey-teszt mutatja meg. Ez alapján a vizsgált 6 db minta között elkülöníthetünk 3 csoportot: nem különbözik szignifikánsan egymástól (1) a kontroll és az UH kezelt minta, (2) a nyers és az UH+HHP kezelt minta, valamint (3) az önmagában, vagy kombináltan HHP kezelésen átesett minták világossági tényező szempontjából (1. táblázat). A 3 különböző csoportban tartozó minták között azonban a különbség statisztikailag is alátámasztható.

1. táblázat: A különböző pácolási kezelések világossági tényező (L*) értékeinek statisztikai értékelése (Tukey teszt)

Table 1: Statistical evaluation of the lightness factor (L*) values of the different curing treatments (Tukey test)

L*

Tukey HSD^{a,b}

Minta	N	Subset		
		1	2	3
kontroll	3	42,6033		
UH	3	48,3667		
nyers	3		55,9467	
HHP+UH	3		62,9400	62,9400
UH+HHP	3			64,1600
HHP	3			66,0967
Sig.		,151	,060	,689

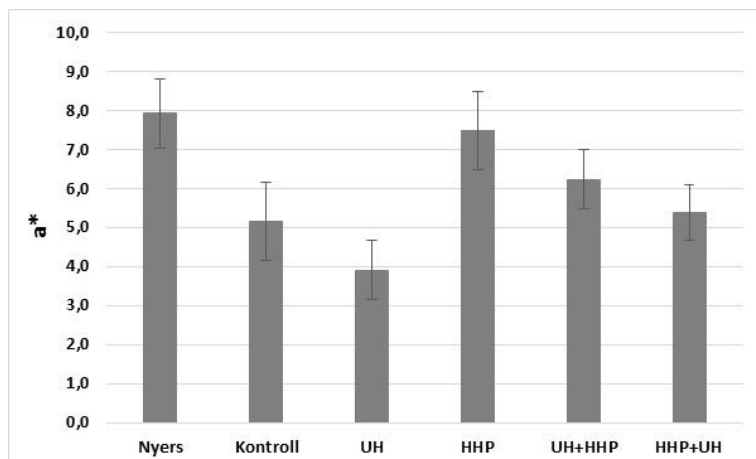
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 6,939.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = ,05.



10. ábra: A pácolt hús vörös-zöld szintényező (a*) értékeinek alakulása a különböző kezelések függvényében

Figure 3: Evolution of the red-green colour factor (a*) values of cured meat as a function of different treatments

Az a^* tényező esetén (3. ábra), amely a vörös-zöld szint jelöli, a szimpla HHP kezelésen átesett minta rendelkezett a nyers húshoz hasonló értékkel. Az összes többi kezelés mintánál csökkent a vörös színezet a nyers húshoz képest, legnagyobb mértékben a szimpla UH kezelt minta esetében. A kombinált módon pácolt húsok közül a HHP + UH mintánál mértünk a kontroll mintához hasonló értéket. Az a^* szintényező értékek csökkenése a mioglobinn, különösképp az oximioglobin szint csökkenését jelenti. Az a^* Tukey-tesztje alapján elmondható (2. táblázat), hogy a nyers minta szignifikánsan vörösebb volt, mint az UH-val kezelt hús, a többi minta esetén azonban nem mutatkozott statisztikailag is alátámasztható vörös színezet-béli különbség.

2. táblázat: A különböző pácolási kezelések vörös-zöld szintényező (a^*) értékeinek statisztikai értékelése (Tukey teszt)

Table 2: Statistical evaluation of the red-green colour factor (a^*) values of the different curing treatments (Tukey test)

a^*

Tukey HSD^{a,b}

Minta	N	Subset		
		1	2	3
UH	3	3,9067		
kontroll	3	5,1567	5,1567	
HHP+UH	3	5,3800	5,3800	
UH+HHP	3	6,2400	6,2400	6,2400
HHP	3		7,4700	7,4700
nyers	3			7,9300
Sig.		,052	,055	,226

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,736.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = ,05.

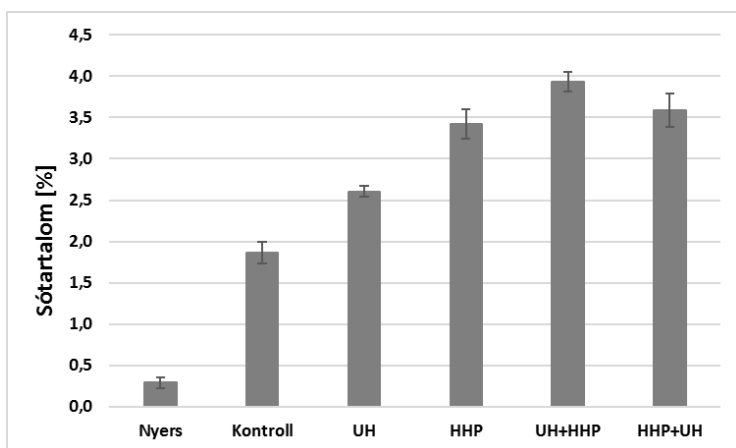
Az UH és/vagy HHP pácolt húsok színének megváltozása tekintetében az UH kezelés bizonyult a legkíméletesebb technológiának, így érhető el a legkisebb színelkülönbség. Bármelyik más esetben, ahol HHP kezelést alkalmaztunk, jelentős változás, fakulás volt tapasztalható a fehérjedenaturáció, különösképp a mioglobinn megváltozása miatt.

Az UH színre gyakorolt hatását *Alarcon-Rojo és társai (2018)* is vizsgálták. Bizonyos esetekben az UH kezelés különösebben nem változtatja meg a hús színét. Ez azzal

magyarázható, hogy az UH indukált hő nem elegendő a fehérjedenatrációhoz. Azonban az ellenkezőjéről is beszámoltak, vagyis műszeres színvizsgálat eredményeként kimutatták, hogy az UH (22W/cm²) hatására világosodik a hús, kevésbé pirosas, mint inkább sárgás-narancsos szín jelent meg, ami az oximioglobinnel kialakulására utal. Azonban végeredményben szemmel látható különbséget nem tapasztaltak az UH kezelt és a kontroll minta között a bírálók az érzékszervi értékelés során. *Vercammen és társai (2011)* HHP kezelt és kontroll minta közötti különbséget vizsgálták, azonban ők sem tapasztaltak szemmel látható különbséget a minták között.

Húsminták sótartalmának alakulása a kezelések hatására

A sótartalom meghatározás során kapott eredményeket a 4. ábra szemlélteti. A diagramon ábrázolt értékekből szembetűnő, hogy mind a kontroll, mint a különböző kezeléssel átesett minták sótartalma jelentősen eltér a nyers hús esetében mért értéktől. A HHP önmagában, vagy kombinációban történő alkalmazásának hatására jelentős növekedés látható a mért paraméternél. Legnagyobb sótartalom értéket az UH+HHP kombinált alkalmazása során tapasztaltuk. A kontroll mintához képest (1,86 mg/g) több, mint duplájára nőtt a sótartalom a kombinációban alkalmazott kezelések hatására (3,93 mg/g). Ez az UH kezeléssel járó akusztikus kavitáció hatására létrejövő szerkezeti változással magyarázható (izomrostok közötti megnövekedett távolság) (*Ojha et. al. 2016*), hiszen így a HHP kezelés következtében a sódiffúzió könnyebben végbement. A statisztikai értékelés alapján (*3. táblázat*) a HHP kezelés és a kombinált kezelések között nem mutatkozott különbség, az összes többi minta sótartalma szignifikánsan különbözik egymástól.



11. ábra: A pácolt hús sótartalmának alakulása a különböző kezelések függvényében

Figure 4: Evolution of the salt content of cured meat in relation to the different treatments

3. táblázat: A különböző pácolási kezelések sótartalom értékeinek statisztikai értékelése (Tukey teszt)

Table 3: Statistical evaluation of the salinity values of different curing treatments (Tukey test)

Sótartalom

Tukey HSD^{a,b}

Minta	N	Subset				
		1	2	3	4	5
nyers	3	,2933				
kontroll	3		1,8633			
UH	3			2,6067		
HHP	3				3,4200	
HHP+UH	3				3,5867	3,5867
UH+HHP	3					3,9333
Sig.		1,000	1,000	1,000	,660	,070

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,018.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

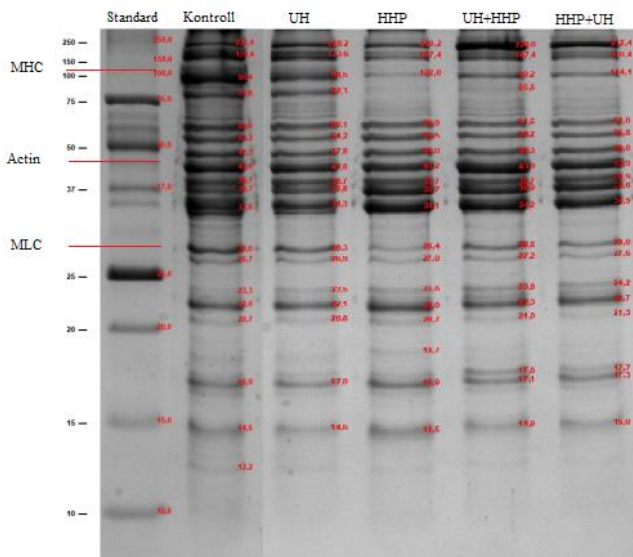
b. Alpha = ,05.

Elmondható tehát, hogy az alkalmazott kezelések szignifikánsan hatnak a sótartalomra. Ennek oka a kezelések hatására bekövetkező gyorsabb sódiffúzió. Így tehát azonos sómennyiség eléréséhez rövidebb idő szükséges, valamint egyes kutatások alapján a sós

érzet erősebb a kezelések hatására (*Clariana et al. 2011*). A sósabb ízérzet a fehérjék és a Na^+ ionok között gyengült kapcsolattal magyarázható. A kezelések ezen hatása nagy előnyt jelenthet a továbbiakban a sócsökkentésre irányuló kísérletek szempontjából.

Gélelektroforetikus vizsgálat eredményei

Az SDS-PAGE gélelektroforézis segítségével a miofibrilláris és szarkoplazma fehérjék változásai vizsgálhatók. A miofibrilláris fehérjék esetében az aktin, illetve a miozin (könnyű - és nehéz láncú) változásainak nyomonkövetése történt a kísérlet során (5. ábra). A lefuttatott gélről készült kép alapján az mondható el, hogy az aktin minden kezelés esetében stabil maradt, denaturáció/aggregáció nem volt tapasztalható. A miozinnál azonban ez nem elmondható. Mind a könnyű láncú (MLC), mind a nehéz láncú (MHC) miozint illetően a HHP kezelésnél jelentősen csökkent a sávintenzitás, ami denaturációra és/vagy aggregációra utal. A sávok vizsgálatából arra lehet következtetni, hogy az UH kezelés nincs olyan jelentős hatással a fehérjék szerkezeti változására, mint a HHP. Az UH kezelés hatására csak kismértékű csökkenés figyelhető meg a sávintenzitásban. Ezt a kombinált kezelések eredményei is alátámasztják, hiszen annál a mintánál, ahol a HHP kezelést alkalmaztuk először, a miozin nagyobb mértékben roncsolódott. Egyes tanulmányokban azonban marhahús esetén a nehéz láncú miozin denaturálódása volt megfigyelhető UH kezelés hatására. A kezelés során kialakulnak az MHC polimerek a diszulfid kötések képződése által (*Kang et al. 2016*).

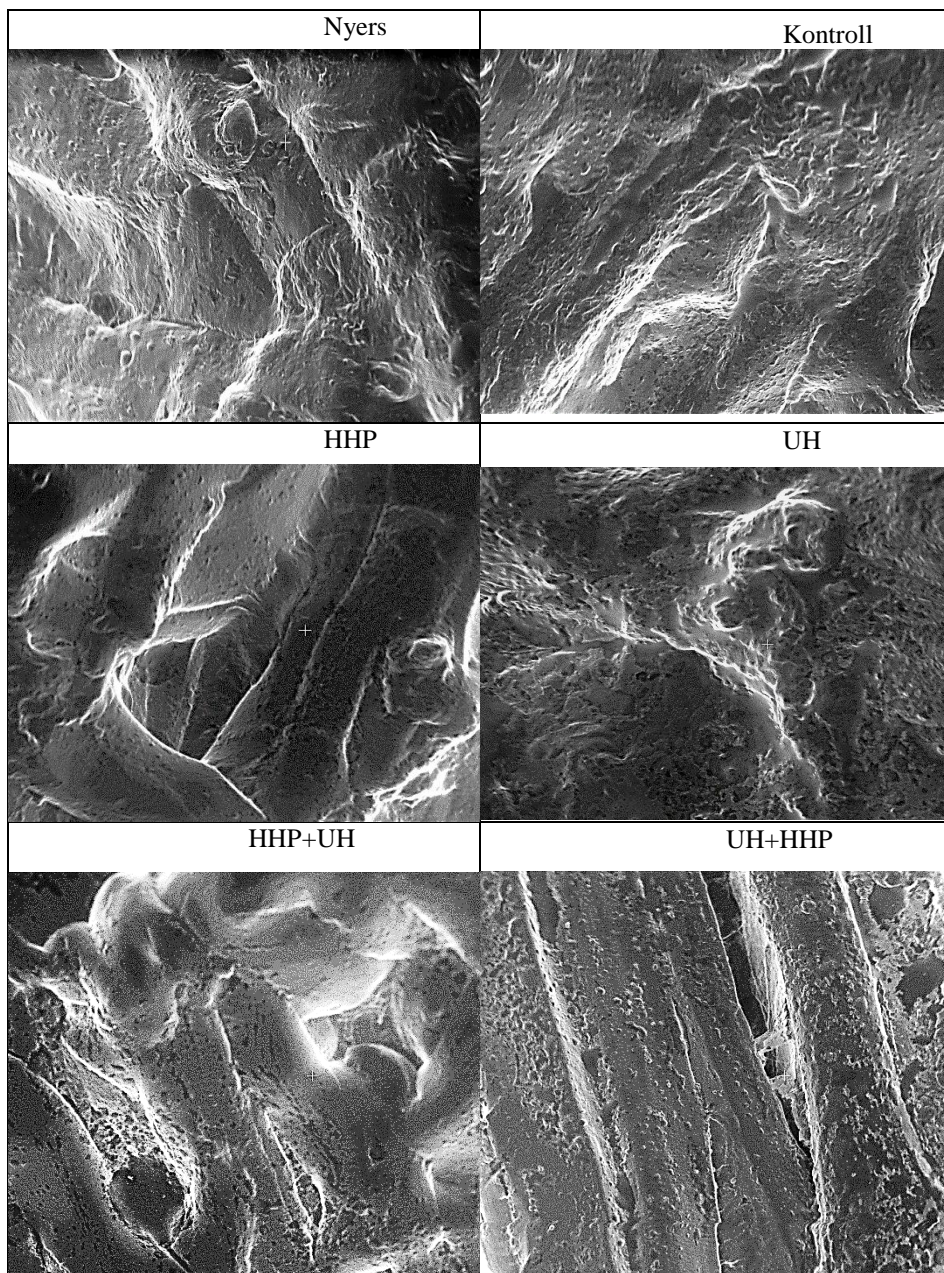


12. ábra: A pácolt hús miofibrillaris fehérjéiről készült gélelektroforézis felvétel a különböző kezelések függvényében

Figure 5: Gel electrophoresis image of myofibrillar proteins in cured meat as a function of different treatments

Hasonló szerkezeti változás volt tapasztalható a szarkoplazma fehérjék esetében is (6. ábra). A mioglobin a HHP kezelés hatására denaturálódott a legnagyobb mértékben. Ezt a színmérés során kapott eredmények is alátámasztják, hiszen a nyomáskezelt minták esetében nagymértékű fakulás volt látható.

hatására. Az elkészített mikroszkópos képek alapján megállapítható, hogy a hagyományos módon kivitelezett pácolás (kontroll minta) nem okozott jelentősebb szerkezeti változást a húspan. A nyers és a kontroll minta között nem látható szerkezeti változás. Szembetűnő változás az UH kezelt minták (UH és UH+HHP) esetében figyelhető meg. A kezelés hatására a húspan felszíne nagymértékben roncsolódott, apró lyukak láthatók. Ez valószínűleg a kavitáció következtében kialakuló majd szétronbanó mikrobuborékoknak köszönhető (*Ozuna et al. 2013*). A kavitáció következtében kialakuló nyomásingadozás, valamint lökéshullámok következtében a rostok fellazulnak, a hús szerkezete jelentősen megváltozik. Mind a HHP, mind az UH (illetve kombinációikkal) kezelt minta esetén elmondható, hogy összehasonlítva a nyers hús képével, szerkezeti változás figyelhető meg. A HHP kezelés hatására duzzadtabb rostok figyelhetők meg. A húspan szerkezete fellazult, kevésbé kötött, mely érzékszervi szempontból előnyös, hiszen jobb rághatóságot, kedvezőbb állományt biztosít a terméknek.



14. ábra: A pácolt hús 1000x-es nagyítással készült elektronmikroszkópos képei (100 μm) a különböző egyszeres és kombinált kezelések függvényében

Figure 7: Electron micrographs (100 μm) of cured meat taken at 1000x magnification as a function of different treatments

KÖVETKEZTETÉS

A megnövekedett népesség napjainkban megköveteli az egyre nagyobb fogyasztói elvárások kielégítését. Emiatt a folyamatos bővülésre és termelésre kényszerített húsiparnak olyan gyors és azonnali megoldást kell találnia a kereslet kiszolgálására, amelyek hatékonyak, mégis kíméletesek és fenntarthatóak. Az alternatív pácolási módszerek összehasonlításából kiderül, hogy mind az ultrahang, mind a nagy hidrosztatikus nyomás húsipari alkalmazása számos benefittel jár akár önmagában, akár kombináltan használjuk őket. A két technológia előre mutatóan alkalmazható, habár kivitelezés szempontjából komplexitást jelenthet a hagyományos pácolási technológiával szemben. Érdemes figyelembe venni az UH és HHP kombinált alkalmazása összetettebb technológia a hagyományoshoz képest, azonban ezt ellensúlyozza a lecsökkent előállítási idő, az elért termék minősége. Habár mindkét technológia jelentős anyagi ráfordítást igényel, azonban ez hosszú távon megtérül energia, környezeti terhelés/tehermentesítés szempontjából egyaránt.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

„A PUBLIKÁCIÓ AZ INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI MINISZTERIUM ÚNKP-21-3. KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.”

„A KUTATÁST A MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM - AZ INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI MINISZTERIUM ÁLTAL FINANSZÍROZOTT - TKP2020-NKA-16 TÉMATERÜLETI KIVÁLÓSÁGI PROGRAMJA TÁMOGATTA.”

EFFECT OF ULTRASOUND AND HIGH HYDROSTATIC PRESSURE ON PORK MEAT BRINING

ANNA VISY¹- KARINA ILONA HIDAS¹- ZSUZSANNA KOÓSZ¹- ANNAMÁRIA
BARKÓ¹- ZSUZSANNA HORVÁTH-MEZŐFI¹-LIEN PHUONG LE NGUYEN^{1,2}-
LÁSZLÓ FRIEDRICH¹-GÁBOR JÓNÁS¹

¹Institute of Food Science and Technology, Hungarian University of Agriculture and
Life Sciences, Budapest

² Institute of Biotechnology and Food Technology, Industrial University of Ho Chi
Minh City, Ho Chi Minh, Vietnam

SUMMARY

Brining is based on the migration of sodium chloride (NaCl) to the meat. The diffusion of NaCl into the meat is usually slow. Therefore, brining process is often complemented with other treatments. In this work, cylindrical shape pork loin (*Longissimus dorsi*) samples were used to evaluate the effects of ultrasound and high hydrostatic pressure treatments, including their combinations, on meat brining. The samples were immersed into 100 g/L NaCl brine. They were treated with 20 kHz ultrasound (US) for 5 min or pressurized (HHP) at 300 MPa for 5 min on room temperature. Combined treatments were also studied in this work. HHP of 300 MPa, for 2.5 min at room temperature before and after US treatment at 20 kHz for 2.5 min was applied on pork meat. The effects of US, HHP and their combined treatments on NaCl content, surface color, protein denaturation and tissue microstructure of pork meat were investigated. Results showed that US and HHP treatment significantly ($p < 0.05$) increased the NaCl content compared to control samples. The NaCl content of samples was the highest for the US+HHP treatment (3.93%). In addition, the lightness (L^*) of the meat samples increased dramatically for all treatments. Samples treated with ultrasound had significant changes in meat tissue microstructure.

Keywords: curing, high hydrostatic pressure (HHP), ultrasound (US)

IRODALOMJEGYZÉK

- A.D. Alarcon-Rojo - L.M. Carrillo-Lopez - R. Reyes-Villagrana - M. Huerta-Jiménez - I.A. Garcia-Galicia (2018). Ultrasound and meat quality: A Review, *Ultrasonics Sonochemistry*
- Bajovic, B. - Bolumar, T. - Heinz, V. (2012). Quality considerations with high pressure processing of fresh and value added meat products. *Meat Science*, 92(3), pp 280–289.
- Da-cheng Kang - Yun-he Zou - Yu-ping Cheng - Lu-juan Xing - Guang-hong Zhou - Wang-gang Zhang (2016). Effects of power ultrasound on oxidation and structure of beef proteins during curing processing. *Ultrasonics Sonochemistry* 33 pp 47–53.
- Grossi, A. - Bolumar, T. - Søltoft-Jensen, J. - Orlien, V. (2014). High pressure treatment of brine enhanced pork semitendinosus: Effect on microbial stability, drip loss, lipid and protein oxidation, and sensory properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 22, pp 11–21.
- Heinz, V. - Buckow, R. (2010). Food preservation by high pressure. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 5(1), pp 73–81
- Kumari S. Ojha - Brijesh K. Tiwari - Colm P. O'Donnell (2018). Effect of Ultrasound Technology on Food and Nutritional Quality. *Advances in Food and Nutrition Research* Volume 84, pp 207-240
- Kumari S. Ojha - Derek F. Keenan - Aurelia Bright - Joseph P. Kerry - Brijesh K. Tiwari (2015). Ultrasound assisted diffusion of sodium salt replacer and effect on physicochemical properties of pork meat. *International Journal of Food Science and Technology* 51 (2016), pp 37–45.
- Laemmli, U. (1970). Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4. *Nature* **227**, pp 680–685
- Maria Clariana - Luis Guerrero - Carmen Sárraga - Isabel Díaz - Ángel Valero - José A. García-Regueiro (2011). Influence of high pressure application on the nutritional, sensory and microbiological characteristics of sliced skin vacuum packed dry-cured ham. Effects along the storage period. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 12 pp 456–465.
- Ozuna, C. - Puig, A. - García-Pérez, J. V. - Mulet, A. - Cárcel, J. A. (2013). Influence of high intensity ultrasound application on mass transport, microstructure and textural

properties of pork meat (Longissimus dorsi) brined at different NaCl concentrations. *Journal of Food Engineering*, 119(1), pp 84–93.

Salazar, F. A. - Yildiz, S. - Leyva, D. - Soto-Caballero, M. - Welte-Chanes, J. - Anubhav, P. S. - Lavilla, M. - Escobedo-Avellaneda, Z. (2020). HHP Influence on Food Quality and Bioactive Compounds: A Review of the Last Decade. *In Reference Module in Food Science*. Elsevier.

Sergiy Smetana – Nino Terjung - Kemal Aganovic - Amali U. Alahakoon - Indrawati Oey - Volker Heinz (2019). Emerging Technologies of Meat Processing. *Sustainable Meat Production and Processing*, pp 181-205

Shahidi, F. - Samaranayaka, A. G. P. - Pegg, R. B. (2014). Curing | Brine Curing of Meat. In M. Dikeman & C. Devine (Szerk.), *Encyclopedia of Meat Sciences* (Second Edition) pp 416–424

Shahidi, F. - Samaranayaka, A. G. P. - Pegg, R. B. (2014). Curing | Brine Curing of Meat. In M. Dikeman & C. Devine (Szerk.), *Encyclopedia of Meat Sciences* (Second Edition) pp 416–424

Cárcel, J. A. - García-Pérez, J. V. - Bedito, J. - Mulet, A. (2012). Food process innovation through new technologies: Use of ultrasound. *Journal of Food Engineering*, 110(2), pp 200–207

Lonergan, S. - Topel, D. - Marple, D. (2019). Fresh and cured meat processing and preservation. *The Science of Animal Growth and Meat Technology* (Second Edition) pp 205-228

Sun, X. D. - Holley, R. A. (2010). High Hydrostatic Pressure Effects on the Texture of Meat and Meat Products. *Journal of Food Science*, 75(1), pp 17-23

Taormina, P. J. (2014). Meat and poultry | Curing of Meat. In C. A. Batt & M. L.

Tortorello (Szerk.), *Encyclopedia of Food Microbiology* (Second Edition) pp 501–507

Vercammen, A. - Vanoirbeek, K. G. A. - Lurquin, I. - Steen, L. - Goemaere, O. - Szczepaniak, S. - Paelinck, H. - Hendrickx, M. E. G. - Michiels, C. W. (2011). Shelflife extension of cooked ham model product by high hydrostatic pressure and natural preservatives. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(4), pp 407–415

Warner, R. (2014). Measurement of meat quality | Measurements of Water-holding Capacity and Color: Objective and Subjective. In M. Dikeman & C. Devine (Szerk.), *Encyclopedia of Meat Sciences* (Second Edition) pp 164–171

Wu Li - Charitha J. Gamlath - Rachana P. - Gregory J. O. Martin - Muthupandian A. (2021). Ultrasound – The Physical and Chemical Effects Integral to Food Processing. *Innovative Food Processing Technologies* pp 329-358

A szerzők levélcíme – Adress of the authors:

Visy Anna

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem,
Élelmiszertudományi- és Technológiai Intézet,
Állatitermék- és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék
1118, Budapest, Ménesi út 43-45.
e-mail: Visy.Anna@phd.uni-mate.hu

Hidas Karina Ilona

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem,
Élelmiszertudományi- és Technológiai Intézet,
Állatitermék- és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék
1118, Budapest, Ménesi út 43-45.
e-mail: Hidas.Karina.Ilona@phd.uni-mate.hu

Koósz Zsuzsanna

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem,
Élelmiszertudományi- és Technológiai Intézet,
Állatitermék- és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék
1118, Budapest, Ménesi út 43-45.
e-mail: koosz.zsuzsi@gmail.com

Barkó Annamária

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem,
Élelmiszertudományi- és Technológiai Intézet,
Állatitermék- és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék
1118, Budapest, Ménesi út 43-45.
e-mail: Barko.Annamaria@phd.uni-mate.hu

Horváth-Mezőfi Zsuzsanna

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem,

Élelmiszertudományi- és Technológiai Intézet,

Állatitermék- és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

1118, Budapest, Ménesi út 43-45.

e-mail: Horvath-Mezofi.Zsuzsanna@uni-mate.hu

Lien Phoung Le Nguyen

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem,

Élelmiszertudományi- és Technológiai Intézet,

Állatitermék- és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

1118, Budapest, Ménesi út 43-45.

e-mail:

Dr. Friedrich László

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem,

Élelmiszertudományi- és Technológiai Intézet,

Állatitermék- és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

1118, Budapest, Ménesi út 43-45.

e-mail: Friedrich.Laszlo.Ferenc@uni-mate.hu

Dr. Jónás Gábor

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem,

Élelmiszertudományi- és Technológiai Intézet,

Állatitermék- és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

1118, Budapest, Ménesi út 43-45.

e-mail: Jonas.Gabor@uni-mate.hu