

# Animal welfare, etológia és tartástechnológia



## Animal welfare, ethology and housing systems

Volume 14

Issue 1

Gödöllő  
2018



## A HÚSIPARBAN ALKALMAZOTT ULTRAHANGOS KEZELÉSEK ÁTTEKINTÉSE

*Nagy Dávid, Lambertné Meretei Anikó, Zsom Tamás, Zsomné Muha Viktoria*

Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi kar, Fizika-Automatika Tanszék  
1118, Budapest Somlói út 11-16  
david097@freemail.hu

Received – Érkezett: 16. 11. 2017.  
Accepted – Elfogadva: 02.07. 2018.

### Összefoglalás

Társadalmunk lélekszámának növekedése egyre nagyobb kihívások elé állítja az élelmiszeripart, mivel a minőség biztosítása mellett egyre nagyobb mennyiségben, a környezetet leginkább megkímélve, gazdaságosan kell élelmiszert biztosítani fogyasztók számára. A húsfeldolgozó üzemek nagy hangsúlyt fektetnek a hústermékek fertőtlenítésére, csírátlánítására, textúrájára, színére és vízvisszatartására, valamint arra, hogy ezen tulajdonságok ne, illetve nagyon kis mértékben változzanak, nagyobb időtartamú tárolás során sem. Több kutatási eredmény is azt mutatta ki, hogy az ultrahangos kezelések önmagukban, illetve más feldolgozási vagy tartósítási módszerekkel kombinálva képes lehet ipari körülmények között javítani a hús általános minőségét, marinálását és lágyságát, valamint megelőzni a mikrobiális fertőzések kialakulását. A hús ultrahangos kezelése nem csak az ipar számára előnyös, hanem a fogyasztók számára is, mivel a kezelt termékek például kevesebb főzési, sütési időt és az ezekhez szükséges befektetett energiát igényelnek. Célunk, hogy áttekintést nyújtsunk az ultrahang ipari alkalmazásának lehetőségeire, előnyeire, és esetleges hátrányaira, valamint a hús szerkezetére, beltartalmi értékeire, illetve bakteriális flórájára gyakorolt hatásaira.

**Kulcsszavak:** ultrahang, hús, akusztikus kavitáció

### Review on applications of ultrasonic treatments in meat industry

#### Abstract

The food industry is facing ever greater challenges by the increasing number of people in our society, since it has to provide, beside of quality, an increasing amount of safe and nourishing food using environmentally friendly and economic process. The meat industry is placing great emphasis on quality, rheological properties (such as texture and tenderness). They are also aware of the importance of decontamination, microbial inactivation and recontamination even during long-term storage. Many studies showed that the application of ultrasonic treatment alone or combined with other processing or preservation methods provides the potential to improve the general quality, marination and tenderness of meat, preventing microbial growth in meat and meat products. Using ultrasonic methods has many beneficial properties not just for the meat industry, but even for consumers, because these products need less time and less invested energy to be fried or cooked. Our main purpose with this article is to provide an overview about the possibilities and advantages



of the ultrasonic methods in industrial environment, the effect of these methods on texture, nutritional value and also the bacterial environment of the meat and meat products.

**Keywords:** Ultrasound, meat, acoustic cavitation

## Akusztikus kavitáció

Ultrahangnak nevezzük az emberi hallástartomány felső határánál, a ~20kHz-nél nagyobb frekvenciájú mechanikai hullámokat. Az ultrahang frekvenciatartománya és intenzitása alapján az ultrahangos eljárások két nagy csoportba sorolhatók. Az első csoportban az alkalmazott ultrahang frekvenciája nagyobb, mint 100 kHz, ugyanakkor intenzitása kisebb, mint  $1 \text{ W/cm}^2$  ( $10.000 \text{ W/m}^2$ ). Az élelmiszeriparban a minőségbiztosítás és a feldolgozási folyamatok során roncsolás-mentes anyagvizsgálatokra használják (pl. kemény sajtokban lévő törések, repedések kimutatása, vágóállatok minősítése, vagy a folyamatirányítás területén az ultrahangos áramlásmérők és tartálybeli folyadékszintmérők alkalmazása). A második csoportban az alkalmazott ultrahang 20-500 kHz közötti frekvenciájú és  $1 \text{ W/cm}^2$ -nél nagyobb intenzitású. Használata a kezelt anyagban különböző változásokat idéz elő, ezért aktív ultrahangnak nevezik. Az aktív ultrahang módosíthatja az élelmiszerek fizikai, mechanikai vagy kémiai illetve biokémiai tulajdonságait, így ipari felhasználása egyre nagyobb figyelmet kap. Sikeresen alkalmazzák a hagyományos technológiák helyettesítéseként vagy kiegészítéseként pl. zsírok kristályosításánál a megfelelő állományjellemzők és mikrostruktúra kialakítására (szono-kristályosítás), emulziókészítésre, fermentorokban habtörésre, élelmiszerekben a fehérjék funkcionális tulajdonságainak módosítására, enzimaktivitás megszüntetésére vagy felgyorsítására (eltarthatóság meghosszabbítása), sejtek inaktiválására, fagyasztásra és felolvasztásra, fagyasztva szárításra és sűrítésre, szárításra és az élelmiszerekből a bioaktív komponensek kinyerésének megkönnyítésére is (Bilek és Turantas, 2013). Az aktív ultrahang alkalmazása során a kavitáció majdnem mindig jelentős szerepet játszik. Az akusztikus kavitáció összetett folyamat, inkompresszibilis közegekben általában hirtelen nyomásesés hatására pontokban létrejövő jelenség, melynek során a közegben annak lokális "szétszakadása" miatt többnyire mikroszkopikus, néhány vagy néhány száz mikrométer átmérőjű üregek (buborékok) képződnek (Gao és mtsai, 2017). A buborékok az oldat belsejében elmozdulva elindítanak egy folyamatot, melynek során sűrűsödési és ritkulási zónák alakulnak ki. A ritkulási zónában kialakuló negatív nyomás hatására a folyadékmolekulák eltávolodnak egymástól. Ha az eltávolodás mértéke meghaladja azt a távolságot, amelyen belül a folyadékmolekulák még összekapcsolódnak, akkor a folyadék ott összeomlik (szétszakad), és üregek képződnek benne. Az ismétlődő akusztikus ciklusok hatására ezek az üregek folyamatosan képződnek, belsejüket kis mennyiségű gőz tölti ki. Aktív ultrahang alkalmazása esetén több ezer ilyen buborék alakul ki a folyadékban.

Kavitáció alatt értjük tehát az ultrahangos erőternek kitett közegen belül gázzal, vagy gőzzel töltött buborékok keletkezését és aktivitását. Általában két típusú buborék aktivitást különböztetünk meg, a stabil kavitációt és az átmeneti (vagy összeeső, inerciális) kavitációt. A stabil kavitáció során a buborékok oszcillálnak (a buborék sugarához képest kis amplitúdójú oszcilláció) az ultrahangos erőterben. A buborékok sugara az egyensúlyi érték körül mozog, a buborékok számos (akár több ezer) akusztikus cikluson keresztül jelen vannak. Átmeneti kavitáció során a buborékok nem stabilak, méretük nagyon különböző. Néhány akusztikus cikluson keresztül



léteznek csak, gyorsan összeomlanak és apró buborékok tömegévé esnek szét. A kis buborékok aztán egyszerűen feloldódnak, a buborék tágulási szakaszában az anyagátadási határréteg vékonyabb és a fázisok közötti érintkezési felület nagyobb, mint a buborékok összeomlása során, ami azt eredményezi, hogy a kitágulás során több gőz vagy gáz kerül a buborék belsejébe, mint amennyi az összehúzódás során kijut onnan (*Lauterborn és Ohl, 1998; Leong és mtsai, 2011; Tiwari és Mason, 2012*). Az átmeneti kavitáció általában alacsonyabb frekvencia tartomány (20-100kHz) alkalmazása mellett alakul ki. A tranziens buborék gyors implóziójának (összeomlásának) eredménye a hőhatás, melynek során az összeomlás kis környezetében, néhány milliszekundum ideig akár 5500°C hőmérséklet is előállhat, a kialakuló nyomás pedig az 50.000 kPa-t is elérheti. Az így kialakuló lökeshullám elég nyíróerőt fejt ki ahhoz, hogy a sejtfalat és a membránszerkezeteket roncsolja. Elmondható tehát, hogy az ultrahang hatására létrejövő mikromechanikai sokkhatás képes a sejtek egyes alkotórészeit felbontani, így a sejt működését megzavarni, a sejtet elpusztítani (*Turantas, Kilic és Kilic, 2015*).

### Porhanyósság

A húsok egyik legfőbb jellemzője a lágyság, „porhanyósság”, mely nagymértékben befolyásolja a fogyasztók elégedettségét. Az ipari feldolgozás során is komoly fejfájást okozhat a kemény, tömött szerkezetű hús (*Friedrich, 2008*). A húsok porhanyósságát két fő komponens határozza meg; az első a mikrofibrillumok, melyek az izom összehúzódásáért felelősek, a második a kötőszöveti háló (különösen a kollagén), mely a hús rágósságáért felelős (*Lawrie, 2006*). Mivel ez a tulajdonság meghatározó a húsfogyasztás élvezeténél, a kutatók mindig kitüntetett figyelmet fordítanak a tenderizálás folyamataira, elősegítve ezzel a húsok megfelelő minőségét (*Got és mtsai, 1999*). Leggyakrabban valamilyen mechanikai, vegyi, biokémiai vagy enzimatisz módszer alkalmaznak a húsfeldolgozó iparban a megfelelő porhanyósság elérése érdekében.

Az ultrahangos kezelés költséghatékony, nem invazív technológia, ezért előszeretettel alkalmazzák a húsok tulajdonságainak javítására (*Gallego-Juarez és mtsai, 2010; Turantas és mtsai, 2015*). A megfelelő intenzitású ultrahangos kezelés következtében (kavitáció) kialakult mikro-buborékok megváltoztatják a miofibrillumok kapcsolódását. (*Friedrich, 2008*).

Az ultrahang más módszerekkel való kombinációja hatékonynak bizonyult a húsok általános minőségének javítására, valamint a funkcionális tulajdonságok módosítására (*Turantas, Kilic és Kilic, 2015*).

Számos kutatás folyt a húsok porhanyósságának javítására, melyet az *1. táblázat* mutat be.

**1. táblázat: Porhanyósság javítására irányuló kutatások**

Termék	Alkalmazott kezelés	Ultrahang paraméterek	Kezelési idő	Referencia
<i>Longissimus lumborum</i>	Ultrahang+Papain enzim	20kHz, 400W	10, 20, 30 perc	(Barekat és Soltanizadeh, 2017)
Marhahús	PUS- Aktív ultrahang	20 kHz	30, 120 perc	(Kang és mtsai, 2017)
Csirkehús	PUS- Aktív ultrahang	20 kHz, 240W	0, 3, 6, 12, 15 perc	(Wang és mtsai, 2017)

Table 1: Research to improve tenderness

Ezek a kutatások kimutatták, hogy az ultrahang alkalmazása nagyban javítja a hús porhanyósságát, miközben a fehérje elsődleges szerkezetén nem változtatnak (Wang és mtsai, 2017). Az eredmények azt mutatják, hogy enzimkezeléssel kombinált nagy intenzitású ultrahangos kezelés nem csak a hús porhanyósságát javítja, hanem a proteolitikus enzimek aktivitását is növeli (Barekat és Soltanizadeh, 2017).

**Szárítás**

Az ultrahangos kezeléseknél hatással vannak az anyagátadási folyamatokra is. A kavitáció következtében létrejövő buborékok szabálytalan pulzással magukba zárják a szilárd anyagokat, majd a buborékok összenyomásával ezek az anyagok a húsok felületére kerülnek, így a határreteg megváltoztatásával befolyásolják az anyagátadást. A kezelés következtében a minták melegeknek, mely a termo-akusztikus hatásnak köszönhető. A hullámok mechanikai összenyomó hatása miatt mikro-járatok, kapillárisok jönnek létre (Muralidhara és mtsai, 1985).

Ezen hatások következtében gyorsíthatók az iparban az anyagátadáson alapuló folyamatok. Ilyen folyamatok például a szárítási folyamatok, ezen belül is a fagyasztva szárítás, az alacsony hőmérsékletű szárítás és a konvektív szárítás. Ezen a területen számos kutatás is folyt annak érdekében, hogy az ipari folyamatokat egyszerűbbé és költséghatékonyabbá tegyék (2. táblázat).

**2. táblázat: Szárítási technológiákat segítő ultrahangos kezelések vizsgálata**

Minta	Kezelés	Ultrahang paraméterei	Referencia
Marha és csirke	Ultrahang+vákuum	40 kHz	(Başlar és mtsai, 2014)
Marhahús	Ultrahang+Low-field nuclear magnetic resonance	25, 33, 45 kHz	(Ojha, Kerry és Tiwari, 2017)
Tilápia	Ultrahang+ozmotikus szárítás	200-500W	(Min és mtsai, 2017)

Table 2: Examination of ultrasonic treatments to assist drying technologies

A vizsgálatok azt mutatták, hogy az ultrahangos kezelés hatására rövidebb idő alatt megy végbe a szárítás folyamata, kevesebb energia befektetéssel.

### Fertőtlenítés

Bár a legtöbb kutatás azt mutatja, hogy az ultrahangos kezelés önmagában csak bizonyos körülmények között hatásos fertőtlenítő kezelés, azonban az ezen a téren folytatott más vizsgálatok alapján ez a módszer potenciális előnyökkel járhat a húsok minőségének javítására, illetve a mikrobák elpusztítására irányuló kezelések elősegítésére (különösen 20-47 kHz között, 5-10 perces kezelés esetén).

Az ultrahangos kezelés hatékonysága nagyban múlik az alkalmazott frekvenciától, intenzitástól, a hőmérséklettől, az alkalmazás gyakoriságától és idejétől, a felépítéstől, a kezelési protokolltól, illetve a hús típusától (izom, bőr, stb.). Annak ellenére, hogy számos tényező befolyásolja hatékonyságát, a kutatók egyetértenek abban, hogy különböző közegben (mint például víz, tejsav oldat, esetleg vörösbőr) szignifikáns csökkenést értek el a húsokban található bizonyos baktériumok esetében (Turantas, Kilic és Kilic, 2015). A 3. táblázat néhány, a fertőtlenítés elősegítésére irányuló kutatást tartalmaz.

### 3. táblázat: Húsok fertőtlenítésére irányuló vizsgálatok

Minta	Kezelés	Ultrahang paraméterek	Referencia
Csirkemell	Ultrahang	24 kHz, 12W/cm <sup>2</sup>	(Xiong és mtsai, 2012)
Csirke bőr	Ultrahang+tejsav	40 kHz, 2.5 W/cm <sup>2</sup>	(Kordowska-Wiater és Stasiak, 2011)
Disznóhús	Ultrahang+gőz	30-40 kHz	(Kordowska-Wiater és Stasiak, 2011)

Table 3: Examinations for meat disinfection

Ezen kísérletek során különböző baktériumokat vizsgáltak, melyek például *Salmonella enterica ssp. enterica sv. Anatum*, *Escherichia coli*, *Proteus sp.*, and *Pseudomonas fluorescens*. Gram-negatív baktériumok számottevő pusztulása volt megfigyelhető már 3 perces ultrahang kezelés hatására (1.0 log CFU/cm<sup>2</sup>). A legérzékenyebb baktériumoknak a *Pseudomonas fluorescens* és az *E. coli* bizonyultak (Kordowska-Wiater és Stasiak, 2011).

### Pácolás

A húsok tartósítására széles körben alkalmaznak pácolási eljárásokat, mely során a húsokat áramoltatott páclébe helyezik. A folyamat során a hús víztartalma a páclébe vándorol, míg a páclé a húsba diffundál, így megváltozik a hús összetétele, rontva ezzel a mikroorganizmusok és enzimek aktivitását (Barat és mtsai, 2006). Ezeket a folyamatokat számos tényező befolyásolja (hús vízvisszatartása, hőmérséklet, stb.).

Az ultrahang anyagátadást elősegítő hatása miatt gyorsítja a diffúziót, továbbá egyenletesebb sóeloszlást tesz lehetővé, így kisebb koncentrációjú páclé is alkalmazható, így nincs



szükség nagy koncentrációkülönbségre a hús és a páclé között (Friedrich, 2008). Sózási, pácolási eljárások elősegítésére számos kutatás létezik, melyek közül néhányat a 4. táblázat tartalmaz.

#### 4. táblázat: Sózási/pácolási ultrahangos vizsgálatok

Minta	Alkalmazott kezelés	Ultrahang paraméterek	Referencia
<i>Longissimus thoracis et lumborum</i>	Cirkuláló sózás	~19 W/cm <sup>2</sup>	(McDonnell és mtsai, 2014)
Csirkemell	Marinálás	40 kHz, 22W/cm <sup>2</sup>	(Leal-Ramos és mtsai, 2011)
<i>Longissimus dorsi</i>	Marinálás és porhanyosítás	40 kHz, 37.5 W/cm <sup>2</sup>	(Ozuna és mtsai, 2013)
Sertés hús	Sózás	~56 W, 22-41 W/cm <sup>2</sup>	(Inguglia és mtsai, 2017)

Table 4: Effect of ultrasound on salting and pickling

A vizsgálatok kimutatták, hogy ultrahang hatására bekövetkező változások nagyban gyorsítják a pácolás és sózás folyamatát, illetve egyenletesebb eloszlást biztosít (Ozuna és mtsai, 2013). Ez kedvező hatással lehet a húsfeldolgozásra, a termékek színének megőrzésére, illetve javítására, az eltarthatóságra (Leal-Ramos és mtsai, 2011).

#### Irodalomjegyzék

- Barat, J. M., R Grau, J Ibanez, M. J. Pagan, N. Flores, F. Toldra, P. Fito (2006): Accelerated Processing of Dry-Cured Ham. Part 1. Viability of the Use of Brine Thawing/salting Operation. *Meat Science* 72. 4. 757-765.
- Barekat, S., N. Soltanizadeh (2017): Improvement of Meat Tenderness by Simultaneous Application of High-Intensity Ultrasonic Radiation and Papain Treatment. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 39. 223-229.
- Başlar, M., M. Kılıçlı, O. S. Toker, O. Sağdıç, M. Arici (2014): Ultrasonic Vacuum Drying Technique as a Novel Process for Shortening the Drying Period for Beef and Chicken Meats. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 26. 182–90.
- Bilek, S. E., F. Turantas (2013): Decontamination Efficiency of High Power Ultrasound in the Fruit and Vegetable Industry, a Review. *International Journal Of Food Microbiology* 166. 1. 155-162.
- Friedrich László (2008): Ultrahang alkalmazása húskészítmények minősítésében és gyártástechnológiájában. Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi kar, Disszertáció
- Gallego-Juarez, J. A., G. Rodriguez, V. Acosta, E. Riera (2010): Power Ultrasonic Transducers with Extensive Radiators for Industrial Processing. *Ultrasonics Sonochemistry* 17. 6. 953-964.
- Gao, P., X. Zhou, B. Cheng, D. Zhang, G. Zhou (2017): Study on Heat and Mass Transfer of Droplet



- Cooling in Ultrasound Wave. *International Journal Of Heat And Mass Transfer* 107. 916-924.
- Got, F., J. Culioli, P. Berge, X. Vignon, T. Astruc, J. M. Quideau, M. Lethiecq (1999): Effects of High-Intensity High-Frequency Ultrasound on Ageing Rate, Ultrastructure and Some Physico-Chemical Properties of Beef. *Meat Science* 51. 1. 35–42.
- Inguglia, E. S., Z. Zhang, C. Burgess, J. P. Kerry, B. K. Tiwari (2017): Influence of Extrinsic Operational Parameters on Salt Diffusion during Ultrasound Assisted Meat Curing. *Ultrasonics* 83. 164-170.
- Kang, D., X. Gao, Q. Ge, G. Zhou, W. Zhang (2017): Effects of Ultrasound on the Beef Structure and Water Distribution during Curing through Protein Degradation and Modification. *Ultrasonics Sonochemistry* 38. 317–25.
- Kordowska-Wiater, M., D. M Stasiak (2011): Effect Of Ultrasound On Survival Of Gram-Negative Bacteria On Chicken Skin Surface. *Bulletin Of The Veterinary Institute In Pulawy* 55. 2. 207–210.
- Lauterborn, W., C. D. Ohl (1998): The Peculiar Dynamics of Cavitation Bubbles. *Applied Scientific Research* 58. 1–4. 63–76.
- Lawrie, R. A. (2006): Preface to Seventh Edition BT - Lawrie's Meat Science (Seventh Edition). Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition 13–14 Woodhead Publishing. 1-442.
- Leal-Ramos, M. Y., A. D. Alarcon-Rojo, T. J. Mason, L. Paniwnyk, M. Alarjah (2011): Ultrasound-Enhanced Mass Transfer in Halal Compared with Non-Halal Chicken. *Journal Of The Science Of Food And Agriculture* 91.1. 130-133.
- Leong, T., M. Ashokkumar, S. Kentish (2011): The Fundamentals Of Power Ultrasound - A Review. *Acoustics Australia* 39. 2. 54–63.
- McDonnell, C. K., P. Allen, C. Morin, J. G. Lyng (2014): The Effect of Ultrasonic Salting on Protein and Water-Protein Interactions in Meat. *Food Chemistry* 147. 245–51.
- Min L., Biao Y., Zhiqiang G., Yunting G., Jun L., Chang-ming L. (2017): Impact of ultrasound-assisted osmotic dehydration as a pre-treatment on the quality of heat pump dried tilapia fillets. *Energy Procedia* 122. 243-255.
- Muralidhara, H. S., D. Ensminger, A. Putnam. (1985): Acoustic Dewatering And Drying (Low And High-Frequency) - State-Of-The-Art Review. *Drying Technology* 3. 4. 529-566.
- Ojha, K S., J. P Kerry, B. K Tiwari (2017): Investigating the Influence of Ultrasound Pre-Treatment on Drying Kinetics and Moisture Migration Measurement in *Lactobacillus Sakei* Cultured and Uncultured Beef Jerky. *Lwt-Food Science And Technology* 81. 42–49.
- Ozuna, C., A. Puig, J. V. Garcia-Perez, A. Mulet, J. A. Carcel (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. 84-93.
- Tiwari, B. K., T. J. Mason; P. J. Cullen, V. P. Valdramidis(szerk.) (2012): Chapter 6 - Ultrasound Processing of Fluid Foods. *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods*. 135–65 San Diego: Academic Press.
- Turantas, F., G. B. Kilic, B. Kilic (2015): Ultrasound in the Meat Industry: General Applications and Decontamination Efficiency. *International Journal Of Food Microbiology* 198. 56-69.
- Wang, J.-Y., Y.-L. Yang, X.-Z. Tang, W.-X. Ni, L. Zhou (2017): Effects of Pulsed Ultrasound on Rheological and Structural Properties of Chicken Myofibrillar Protein. *Ultrasonics*





Sonochemistry 38. 225–33.

*Xiong, G.-Y., L.-L. Z., W. Zhang, J. Wu (2012): Influence of Ultrasound and Proteolytic Enzyme Inhibitors on Muscle Degradation, Tenderness, and Cooking Loss of Hens During Aging. Czech Journal Of Food Sciences 30. 3. 195-205.*