



Hungary-Serbia  
IPA Cross-border Co-operation Programme

## TEJTŐL A TEJIPARI SZENNYVÍZIG, AMIT MIKROHULLÁMÚ ELEKTROMÁGNESES TÉRBE HELYEZHETÜNK

*Géczi Gábor*

Szent István Egyetem, Gépészmérnök Kar, Környezetipari Rendszerek Intézet,  
H-2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.  
email: geczi.gabor@gek.szie.hu

### ABSTRACT

I do not view my research concluded over the last 10 years and unfortunately I can not say that I would have been any groundbreaking conclusions. But to say that "I joined" those who believe in the development of new technologies and opportunities for people who are trying to prove or disprove fears of food energy. But what is called the new technology? We know Percy L. Spencer American engineer in 1946, the history of chocolate from the radar station, and the final results for the microwave heating. Do I want to call a new technology that almost every household, every workplace "small kitchen" can be used and is used several times a day? The microwave technique spread really enviable, but a wide range of industrial apple shape is still pending. The microwave energy disclosure of the benefits and drawbacks of scientific research may also determine the next 10 years in the work of several researchers, including mine.

### ÖSSZEFOGLALÓ

Nem tekinthetem lezártak az elmúlt 10 év kutatási munkáját és sajnos nem állíthatom azt sem, hogy korszakalkotó következtetésekre jutottam volna. De mondhatom, hogy „beálltam” azok közé, akik hisznek az új technológiák fejlesztésében, akik megpróbálnak bizonyítani lehetőségeket vagy cáfolni félelmeket az élelmiszeripari technológiákban. De mit is nevezek új technológiának? Jól ismerjük Percy L. Spencer amerikai mérnök 1946-os történetét a csokoládéval a radarállomáson, majd a végeredményt a melegítésre alkalmas mikrohullámú sütit. Azt akarom új technológiának nevezni amit szinte minden háztartásban, minden munkahelyi "kiskonyhában" megtalálhatunk és használunk naponta többször? A mikrohullámú technika elterjedése valóban irigylésre méltó, de széleskörű ipari alkalmazása még mindig várat magára. A mikrohullámú energiaközlés előnyeinek és hátrányainak tudományos vizsgálata lehet, hogy még a következő 10 éve is meghatározza számos kutató munkáját, köztük az enyémet is.

### 1. MIKROHULLAMÚ MÉRÉSTECHNIKÁTÓL A MIKROHULLAMÚ ALKALMAZÁSIG

Az egykori Gödöllői Agrártudományi Egyetem Agrárenergetika és Élelmiszeripari Gépek Tanszékének kutatási projectjei a szemesztermények dielektromos tulajdonságait vizsgálták, és a nagyfrekvenciás vizsgálatok kiegészültek a mikrohullámú frekvencián végzett tartománnyal. Ebben az időszakban négyzetes csőárvonalon, alacsony teljesítmény szint mellett, a mikrohullámú frekvencia a mérés részeként volt jelen. Ez az időszak egy ún. INCO-Copernicus program lefutásával, és ami számomra talán fontosabb, a doktori fokozat megszerzésével lezárult. A mikrohullámú mérés technika és az élelmiszerek tulajdonságai még számos lehetőséget adna a kutatásra, de a műszerparkunk elöregedése a kutatási tapasztalatok gyakorlati alkalmazása felé terelték érdeklődésemet. Lassan, de biztosan fogalmazódott meg a cél, amely szerint a mikrohullámú melegítést élelmiszeripari üzemekben is célszerű lenne alkalmazni.



The project is co-financed by the  
European Union





Természetes, hogy a mikrohullámú frekvencia ipari alkalmazására volt már kísérlet és néhány példát is fel tudunk sorolni irodalmakból, de a háztartásokhoz hasonló népszerűségről egyáltalán nem beszélhettünk és nem beszélhetünk ma sem. Számtalanszor hangzott el és került nyomtatásra, hogy az egyik legfontosabb elérhető előny az, hogy a mikrohullámú hőkezelés gyorsaságából eredően kisebb károsodást eredményez a termék tápértékében. További előnyök között említettük az energia megtakarítást, alacsonyabb üzemeltetési költséget, gyors feldolgozási időt és rugalmasságot, hely megtakarítást, amelyek vonzóvá tehetnék a mikrohullám használatát az ipari alkalmazások számára. Ugyanakkor az ok, amiért csak lassan terjednek el a mikrohullámú kezelések annak tudható be, hogy a berendezések költségesek, nem áll rendelkezésre elég adat a belső hőkeltést befolyásoló paramétereiről. De a legnagyobb problémának az volt tudható, hogy a mikrohullámú melegítés során a termék hőmérséklete nem egyenletes, így nem biztosított az egyenletes csíraölő hatás. Ezen kívül meghatározó érv az emberek körében terjedő szóbeszéd is, amely szerint a mikrohullám alkalmazásának káros hatásai is lehetnek.

A mikrohullámú energiaközlés termikus hatásait tapasztalatból, a háztartásokban rutinszerű alkalmazott felmelegítésekből mindenki jól ismerte. Mind a korábbi időszakban, mind napjainkban a mikrohullámú élelmiszerkezelések vizsgálata kiegészült az ún. nem-termikus hatások vizsgálatával. Nem-termikus hatásként értelemszerűen olyan reakciókat, folyamatokat értünk, amelyek során a termék fizikai, kémiai illetve biológiai állapotában változás történik (történhet) anélkül, hogy a hőmérséklete emelkedne. A nem-termikus hatások létezésének bizonyítása nem egyszerű feladat, mert az elektromágneses erőterbe helyezett folyadékok dipólus molekulái a polaritásuknak megfelelően mindig irányba rendeződnek és ez a belső mozgás a termékben hővé alakul.

Mivel a kérdések sorakoztak, válaszolni pedig csak mérések, kísérletek elvégzése után lehetséges így „beálltam” azon kollégák közé, akik a mikrohullámú frekvencia élelmiszerekre, anyagokra történő hatásait vizsgálják. Talán nem meglepő, hogy ezen a téren is megosztottak a szakemberek. Az egyik fél bizonyítja a mikrohullámú melegítés egyenértékűségét más hőközlésekkel, a másik fél pedig az előnyöket vagy éppen hátrányokat próbálja kimutatni, sőt ezeket összefüggésbe hozni az említett nem termikus hatásokkal.

## 2. MIKROHULLÁMÚ ELEKTROMÁGNESES TÉR HATÁSA AZ ÉLELMISZEREKRE, A HAZAI KUTATÓK TÜKRÉBEN

A mikrohullámú kezelésekkal foglalkozó példákat, kutatási eredményeket sorolhatnám a külföldi szakirodalmakból, de szándékosan a hazai eredményekre alapozva szeretném bemutatni a témakört és jelentőségét. Szabó Gábor a Szegedi Egyetem Mérnöki Karán, már 2005-ben felhívja a figyelmet, hogy a nem-termikus mikrohullámú hatás is szerepet játszik élelmiszerkezelések során a fizikai-kémiai változásokban, ugyanakkor a mikrohullámú energiaközlés tanulmányozását szorgalmazza, mert nincs egyértelmű magyarázat a megfigyelt jelenségekre. Gödöllőn, a Szent István Egyetemen Kurják és társai (2012), valamint Beke és társai (2012) alma, burgonya, valamint hagyma minták mikrohullámú szárításának lehetőségét dolgozták ki. Korábban nem-termikus hatásként nevezik meg a Lebegyev által bizonyított sugárnyomást, amely befolyásolhatja a nedvességtárolást az élelmiszerekből (Beke, 2011; Ludányi, 2004).

A Nyugat-magyarországi Egyetem, mosonmagyaróvári karán vizsgálták a mikrohullámú sugárzás hatását a fogyasztói tejben lévő lipáz és xantin-oxidáz enzimek működésére (Lakatos és mtsai,



The project is co-financed by the  
European Union

Good neighbours  
creating  
common future



2010), illetve megállapították, hogy a mikrohullámú sugárzás hatására nagyobb mértékben szaporodtak a *Saccharomyces cerevisiae* sejtek, ami a nem termikus hatásnak tulajdonítható (Szerencsi és mtsai, 2009). Lakatos (2006), valamint Neményi és mtsai (2006) különbséget mutattak ki a mikrohullámmal kezelt tej zsírgolyóinak méretében is szemben a hagyományos pasztörözési technológiákkal. A legújabb kutatásaik pedig a mikrohullámú kezelés must erjedésében kifejtett hatását kívánják bizonyítani (Kapsándi és tsai, 2012).

A Kaposvári Egyetem kutatócsoportja évek óta vizsgálja a mikrohullámú pasztörözés lehetőségét. Kutatásaik során folyamatos üzemű mikrohullámú eljárást is kidolgoztak és megállapításaik között szerepel, hogy a mikrohullámú hőkezelés nagyobb fokú C-vitamin károsodást eredményezhet a konvekciós technikával szemben (Csapó et al., 2008; Albert et al., 2008).

A mikrohullámú pasztörözés lehetősége Gödöllőn is a kutatások középpontjába került. Sembery Péter vezetésével számos publikációban bizonyítjuk a mikrohullámú hőkezelés megvalósíthatóságát, energetikai és technológiai előnyeit (Kovácsné, 2003; Kovácsné és tsai, 2006; Géczi és tsai, 2004, 2006, 2011, 2013; Géczi, Sembery 2005, 2007, 2010; Sembery, Géczi, 2008, Garnacho et al., 2012; Géczi, Nagy, 2011; Géczi, Horváth, 2011). A kutatások kiterjedtek frissen fejt tej hőkezelésére, folyékony tojáslé eltarthatósági idejének növelésére, házi sör pasztörözésére. Kutatásaink során a nem-termikus hatások bizonyítására azt a módszert választottuk, hogy párhuzamosan mikrohullámú és konvekciós melegítési módszert alkalmaztunk folyékony élelmiszereken és kerestük a hőkezelt termékek fizikai tulajdonságaiban, kémiai paramétereiben, biológiai állapotában a különbségeket. Vizsgálatuk többek között a tej összcsíraszámát, fehérjetartalmát és zsírtartalmát; sörminták színét, alkoholtartalmát, pH-értékét és kémiai paramétereit a hőkezelési módszerek függvényében. A kísérletsorozatokban a hőkezelések hatását természetesen több élelmiszer jellemzővel is tudtuk igazolni, de nem találtunk szignifikáns bizonyítékot a nem-termikus hatások létezésére. A mikrohullámú módszerrel és a vízfürdős termosztáttal felmelegített élelmiszertermékekben egyelőre az általunk vizsgált paraméterekben különbség nem volt kimutatható.

### 3. KUTATÁSAINK SORÁN ALKALMAZOTT PÁRHUZAMOS HŐKEZELŐ PANEL

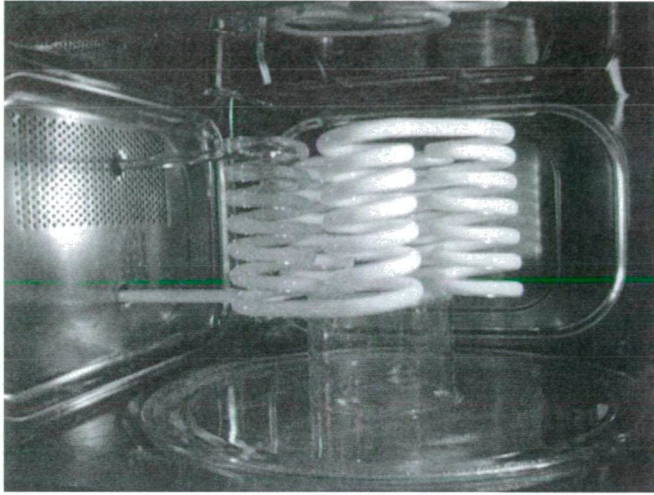
A vizsgálataink során arra törekedtünk, hogy a mikrohullámú hőkezelést ún. hagyományos hőkezeléssel össze tudjuk hasonlítani. Az egyik legfontosabb eredmény, hogy sikerült olyan mérőkört kialakítani, ahol a felmelegítés egységes és módszertől függetlenül a folyékony élelmiszerek kezelése azonos célhőmérsékleten, egyező kezelési idővel történhet.

A módszerhez egy háztartási mikrohullámú készülék (Whirlpool AT 314 MW) oldalán 2 db 7mm átmérőjű furatot készítettünk egymástól 8 cm távolságra a folyadék be és elvezetése céljából (1. ábra). A furatok méretét és távolságát úgy választottuk meg, hogy a készülék biztonságosan üzemeltethető legyen. A speciális üvegspirálokkal kiegészített mikrohullámú készülékhez csatlakoztattunk egy adagolószivattyút (STENNER 85M5). A folyékony élelmiszerek az üvegspirál hosszától és az adagoló szivattyú térfogatáramától függően, a kívánt hőmérsékletre melegíthetők. A hőmérséklet a mikrohullámú elektromágneses tér előtt és után a hőmérsékletmérő rendszerrel (ALMEMO 2590-9) könnyen ellenőrizhető és a folyamat jól szabályozható. A mikrohullámú térben elhelyezett spirálban áramló folyadék folyamatosan melegszik fel a kívánt hőmérsékletre és mindig azonos állapotban távozik a készülékből.



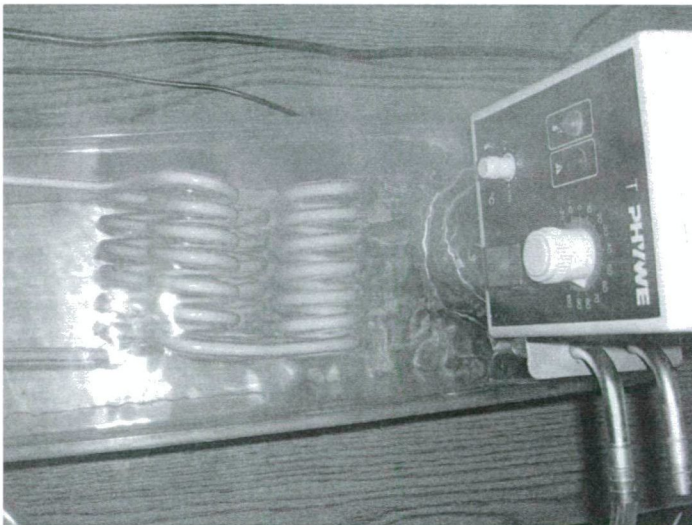
The project is co-financed by the  
European Union





1. ábra: Mikrohullámú készülék spirál betéttel

A konvektív hőkezelés megvalósításához az előbbieken bemutatott üveg spirált, egy T-PHYWE típusú vízfürdős termosztátba helyeztük át (2. ábra). A vízfürdő hőmérsékletének beállításával sikerült a mikrohullámú módszerrel azonos kezelési hőmérséklet elérése, változatlan térfogatáram – ezáltal azonos kezelési idő – mellett. A vízfürdőbe bevezetett folyadék folyamatosan melegszik fel a célhőmérsékletre és hasonlóan mikrohullámú módszerhez mindig azonos hőmérsékleten távozik a vízfürdőből.



2. ábra: Vízfürdős termosztát benne a spirál betéttel



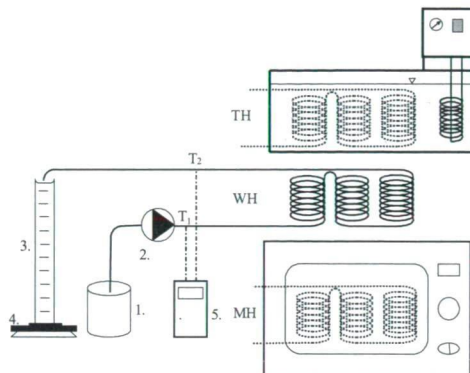
The project is co-financed by the  
European Union

Good neighbours  
creating  
common future 



Hungary-Serbia

IPA Cross-border Co-operation Programme



3. ábra: Kezelési módszerek vázlatá

1-Tesztfolyadék tároló, 2-STENNER 85M5 adagolószivattyú, 3-Mintavevő edény,  
4- Denver XP-3000 mérleg, 5-ALMEMO 2590-9 hőmérsékletmérő

A párhuzamos eljárás alkalmassá tette az azonos körülmények között, de különböző melegítés módszerrel hőkezelt folyadékok összehasonlítását. Teszt folyadékként továbbra is olyan élelmiszereket választottunk, amelyek feldolgozása, előállítása során melegítés történik. A már korábban is alkalmazott sör és tejminták kiegészültek narancslé, természetes forrásvíz és általunk bekevert aszkorbinsav oldat vizsgálatával.

A tesztfolyadékokat az egyes paraméterek vizsgálatához minden esetben folyamatos üzemben vízfürdős termosztáttal (TH), valamint mikrohullámú kezeléssel (MH) melegítettük fel, azonos hőmérsékletre. Kontrollként az üvegszirálon keresztül áramoltatott, de nem melegített folyadékot (WH) vizsgáltunk. A módszer vázlatát a 3. ábra mutatja be.

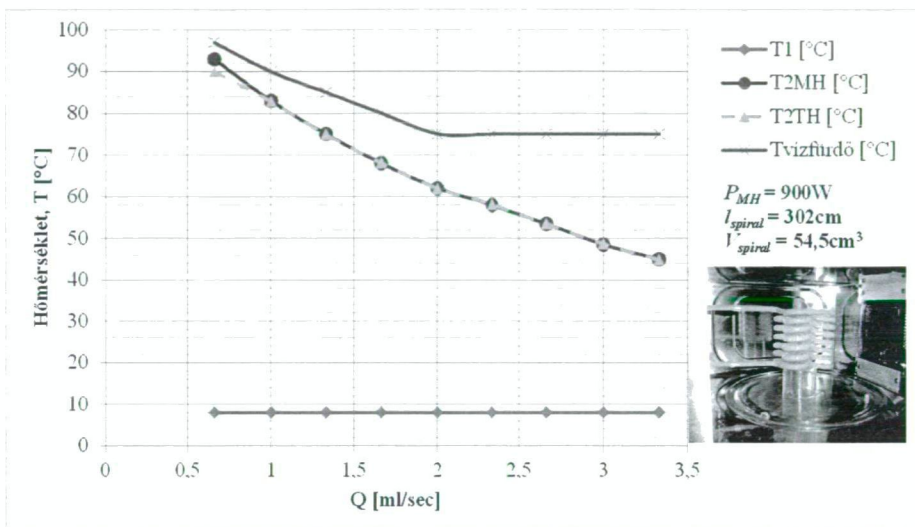
#### 4. AZONOS KEZELÉSI IDŐ, EGYEZŐ CÉLHŐMÉRSÉKLET, MIKROHULLÁMÚ ÉS KONVEKTÍV HŐKEZELÉSI MÓDSZER

A hőkezelő panelhez illesztett perisztaltikus adagoló szivattyú  $Q=0-3,33$ mliter/sec térfogatáram tartományban fokozatmentesen szabályozható. Alacsonyabb térfogatáramok esetén megnő az elektromágneses térben illetve a vízfürdőben töltött idő, ezáltal magasabb célhőmérsékletet tudunk elérni. A vízfürdő hőmérsékletének megválasztásával a konvektív módszerrel is ugyanazt a célhőmérsékletet tudjuk biztosítani, amit a mikrohullámú kezelésnél értünk el. A 4. ábrán a hőkezelés célhőmérsékletét ábrázoltuk  $T_j=8^\circ\text{C}$ -os kezdeti hőmérsékletű frissen fejt tehéntej esetén a térfogatáram függvényében. Látható, hogy a célhőmérsékletek szinte lefedik egymást, amelyet a konvektív módszernél  $Q>2$ ml/sec esetén  $T_{\text{vízfürdő}}=75^\circ\text{C}$ -os vízfürdővel,  $Q<2$ ml/sec esetén pedig fokozatosan magasabb hőmérsékletű vízfürdővel értünk el.



The project is co-financed by the European Union

Good neighbours  
creating  
common future



4. ábra: A hőkezelés célhőmérséklete a térfogatáram függvényében,  $T_1=8^\circ\text{C}$ -os kezdeti hőmérsékletű frissen fejt tehéntej esetén

A párhuzamos panellel nem csak élelmiszerek hőkezelését végezhetjük el, hanem más folyékony halmazállapotú anyagokat is vizsgálhatunk a mikrohullámú elektromágneses térben. A Szegei Egyetem Mérnöki Karán a szennyvízkezelési technológiák hatékonyságának fejlesztése került előtérbe a mikrohullámú kezelés és arra a következtetésre jutottak, hogy a teljesítményszinttől függően a mikrohullámú kezelések termikus és nem-termikus- hatásainak következtében az extracelluláris szervesanyagok, valamint az intracelluláris összetevők egy része is hozzáférhetőbbé és vízoldhatóbbá válik, ami befolyásolja a biológiai bonthatóságot, az iszapok rothadó képességét, és ezáltal a metántermelését is fokozhatja (Beszédes és társai, 2011). Az előzőekben bemutatott, Gödöllőn kialakított párhuzamos hőkezelő panel lehetőséget adott a két kutatócsoport közös munkájára. A szennyvízkezelések során üvegspirál helyett flexibilis szilikon csövet alkalmaztunk. A közös kutatómunka már eredményekben is megmutatkozik (Beszédes és tsai 2007, 2012; Gécz, Beszédes, Szabó 2011, 2012) és bízunk benne, hogy a jövőben is folytatódik.

## REFERENCIÁK

1. Albert, Cs., Lányi, Sz., Csapóné Kiss, Zs., Salamon, Sz., Csapó, J. (2008): A mikrohullámú pasztörözés hatása a tej összetételére II. B1-, B2-, B6-, B12 és C-vitamin-hasznosítható lizin-, lizinoalanin-, hidroximetil-furfurol-tartalom. Acta Agraria Kaposváriensis Vol 12., No.3., 25-36 p.
2. Beke, J. (2011): A terményszárítási folyamat elemzése főleg energetikai szempontból. Tudományos tanácskozás kiadványa. Sopron, NYME, p: 30-40.



The project is co-financed by the European Union

Good neighbours  
creating  
common future 



3. Beke J., Kurják Z., Bessenyei K. (2012): Konvekciós szárítási modellek alkalmazási lehetőségei a mikrohullámú szárítási folyamatokban. MEZŐGAZDASÁGI TECHNIKA LIII:(7) pp. 30-32.
4. Beszédes S, Géczy G., László Zs., Hodúr C., Szabó G. (2007): Sewage sludge treatment by microwave energy REVIEW OF FACULTY OF ENGINEERING ANALECTA TECHNICA SZEGEDINENSIA (1) pp. 11-17.
5. Beszédes, S., László, Zs., Szabó, G., Hodúr, C. (2011): Comparison of the effects of microwave irradiation with different intensities on the biodegradability of sludge from the dairy- and meat-industry. *Bioresource Technology*, 102, pp: 814-821.
6. Beszédes S., Szabó G., Géczy G. (2012): APPLICATION OF THERMAL AND MICROWAVE PRE-TREATMENTS FOR DAIRY WASTEWATER SLUDGE ANNALS OF FACULTY OF ENGINEERING HUNEDOARA / INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING 10:(3) pp. 231-235.
7. Csapó, J., Albert, Cs., Lányi, Sz., Salamon, Sz., Csapóné Kiss, Zs. (2008): A mikrohullámú pasztörözés hatása a tej összetételére I. Aminósav összetétel, szabadaminósav-tartalom, biológiai érték. *Acta Agraria Kaposváriensis*, Vol 12., No.3., 11-24 p.
8. de La Hoz, A., Diaz-Ortiz, A., Moreno A. (2005): Microwaves in organic synthesis. Thermal and non-thermal microwave effects, *Chemical Society Reviews*, 34, 164-178.
9. Garnacho G., Kaszab T., Horváth M., Géczy G. (2012): COMPARATIVE STUDY OF HEAT-TREATED ORANGE JUICE JOURNAL OF MICROBIOLOGY BIOTECHNOLOGY AND FOOD SCIENCES 2:(3) pp. 446-457.
10. Géczy G., Sembery P., Kovácsné L. M., Kiss J. (2004) Folyékony élelmiszerek mikrohullámú kezelésének vizsgálata VI. Nemzetközi Élelmiszertudományi Konferencia Szegedi Tudományegyetem Élelmiszeripari Főiskolai Kar pp. 98-99.
11. Géczy G, Sembery P. (2005): Mikrohullám az élelmiszeriparban ÁRAM ÉS TECHNOLÓGIA III. évf:(1) pp. 19-21.
12. Géczy G., Sembery P., Kiss J., Kovácsné L. M. (2006): Folyékony élelmiszerek mikrohullámú pasztörözése 7. International Conference on Food Science proceedings, Szeged pp. 54-55.
13. Géczy G., Sembery P. (2007): Mikrohullám a pasztörözött tojásle előállításában. MTA Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás Kiadványa. Nr.31.2. kötet. 133-136 p.
14. Géczy G., Sembery P. (2010): Homogeneous heating in the inhomogeneous electric field Bulletin of the Szent István University 2009 pp. 309-317.
15. Géczy G., Sembery P. (2010): 'Resume' of Microwave Pasteurization for Liquid Food XIV. International Eco-Conference, SAFE FOOD Proceedings Novi Sad, Szerbia, pp.:333-340 p.
16. Géczy G., Beszédes S., Szabó G. (2011): Examination of Biodegradability of Sewage Sludge from Dairy Processing as a function of Pretreatment Methods Synergy 2011 2nd International Conference in Agricultural Engineering Gödöllő Paper II. Food Engineering 6p.
17. Géczy G., Nagy P.I. (2011): Comparison of heat treatment methods applied to liquid foodstuffs HUNGARIAN AGRICULTURAL RESEARCH 20:(2) pp. 21-25.



18. Géczi G., Nagy P. I., Sembery P. (2011): Mikrohullámú hőkezelés tejre gyakorolt hatásainak vizsgálata *TEJGAZDASÁG: TUDOMÁNY ÉS GYAKORLAT* LXXI. évf.:(2011/1-2. szám) pp. 21-27.
19. Géczi G., Horváth M. (2011): Mikrohullámú élelmiszerkezelés nem-termikus hatásainak vizsgálata *ÉLELMISZER - TUDOMÁNY TECHNOLÓGIA* LXV. évf.:(3) pp. 14-20.
20. Géczi G., Beszédes S., Szabó G. (2012): Élelmiszeripari szennyvizek biológiai lebonthatóságának növelése termikus előkezelésekkel *MEZŐGAZDASÁGI TECHNIKA* 53:(3) pp. 2-4.
21. Géczi G, Horváth M, Kaszab T, Garnacho A. G. (2013): No Major Differences Found between the Effects of Microwave-Based and Conventional Heat Treatment Methods on Two Different Liquid Foods *PLOS ONE* 8:(1) pp. 1-12.
22. Kapcsándi V., Lakatos E., Kovács A. J., Neményi M. (2012): Alacsony teljesítményű mikrohullámú sugárzás hatása olaszrizling must erjedésére XXXIV. Óvári Tudományos Nap, Mosonmagyaróvár, NyME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, pp. 62-67.
23. Kovácsné L.M., Sembery P., Géczi G. (2006): Microwave Pasteurization of Cow Milk *HUNGARIAN AGRICULTURAL RESEARCH* 15:(4) pp. 12-16.
24. Kovácsné L. M. (2003): A tej mikrohullámú kezelésének vizsgálata Fialat Műszakiak Tudományos Ülésszaka, FMTÜVIII. EME kiadvány, Kolozsvár, pp. 173-176.
25. Kurják Z., Barhács A., Beke J. (2012): Energetic Analysis of Drying Biological Materials with High Moisture Content by Using Microwave Energy. *DRYING TECHNOLOGY* 30:(3) pp. 312-319.
26. Lakatos, E. (2006): Folyékony élelmiszerek kezelése, különös tekintettel a mikrohullámú tejre gyakorolt hatására, Doktori értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Mosonmagyaróvár, 169 p.
27. Lakatos, E.; Kovács, A. J.; Végváry, Gy.; Neményi, M. (2010): Mikrohullámú sugárzás hatása a fogyasztói tejben lévő lipáz és xantin-oxidáz enzimek működésére. *Magyar Állatorvosok lapja*. 132, 728-734.
28. Ludányi, L. (2004): Multimódusú mikrohullámú terek alkalmazása a szárításban. Doktori értekezés, SZIE. 153p.
29. Neményi, M., Lakatos, E., Kovács, A. J., (2010): Examination of milk fat globule changes in homogeneous microwave field. *Journal of Food Physics*. Vol. XVII-XVIII. 29-42. p.
30. Sembery P., Géczi G. (2008): Microwave treatment of food *HUNGARIAN AGRICULTURAL RESEARCH* 17:(2-3) pp. 12-16.
31. Szabó, G. (2005): Élelmiszerek minősége és a kombinált energiaközléses műveletek. Akadémiai doktori értekezés tézisei, 32p.
32. Szerencsi, Á.; Lakatos, E.; Kovács, A. J.; Neményi, M. (2009): Non-thermal effect of microwave treatment on enzyme suspensions Part I.: Water electrolysis. Review of Faculty of Engineering, *Analecta Technica Szegedinensia*. pp. 58-62.



The project is co-financed by the  
European Union

