



---

**Élelmiszertudományi Kar**

**Doktori értekezés**

**Pulzáló elektromos térerő és nagy hidrosztatikai nyomás  
alkalmazása gyümölcslevek kíméletes tartósítására**

Készítette:  
Hartyáni Piroska

Témavezető:  
Dr. Cserhalmi Zsuzsanna, PhD

Készült a Központi Környezet- és Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet  
Technológiai és Élelmiszerlánc vizsgálati Osztályán

Budapest  
2012

**A doktori iskola**

**megnevezése:** Élelmiszertudományi Doktori Iskola

**tudományága:** Élelmiszertudományok

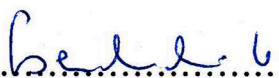
**vezetője:** Dr. Fodor Péter  
egyetemi tanár, DSc  
Budapesti Corvinus Egyetem

**Témavezető:** Dr. Cserhalmi Zsuzsanna  
mb. osztályvezető, PhD  
Központi Környezet- és Élelmiszer-tudományi  
Kutatóintézet  
Technológiai és Élelmiszerlánc vizsgálati Osztály  
Budapest

**A doktori iskola- és a témavezető jóváhagyó aláírása:**

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

  
.....  
Az iskolavezető jóváhagyása

  
.....  
A témavezető jóváhagyása

## **1.Bevezetés**

Napjainkban egyre jobban előtérbe kerülnek azon kutatások, amelyek a táplálkozással összefüggő betegségeket vizsgálják. A humán táplálkozás-tudományi kutatások mindinkább bebizonyították, hogy a jól kiegyensúlyozott diéta, amely gazdag gyümölcsökben és zöldségekben, az egészséget szolgálja és számos betegség kialakulásának kockázatát is csökkenti. Ebből adódóan a kiegyensúlyozott táplálkozásra vonatkozó ajánlásoknak tartalmaznia kell friss zöldségek és gyümölcsök fogyasztását, amely fordított összefüggést mutat számos krónikus megbetegedés, többek között a szív- és érrendszeri, valamint egyes daganatos megbetegedések kialakulásának kockázatával. Így nemcsak a zöldségek és gyümölcsök, de az ezekből készült levek fogyasztása is hatékony védelmet jelenthet számos betegség kialakulásával szemben, a bennük található antioxidánsoknak köszönhetően.

A gyümölcslevelek fogyasztása tehát kiemelt jelentőségű, ebből adódóan a feldolgozási technológiák alkalmazásánál nagy figyelmet kell fordítani annak minél kíméletesebb voltára, hogy a gyümölcslevelek kedvező élettani tulajdonságai a feldolgozást követően is megmaradjanak.

A hagyományos hőkezelés ugyan biztosítja a gyümölcslevelek mikrobiológiai biztonságát és megnöveli azok eltarthatósági idejét, azonban kedvezőtlen változásokat eredményezhet mind az élelmiszer tápértéke, mind az olyan érzékszervi tulajdonságok szempontjából, mint a szín, állomány és íz. A hőkezelés során esetlegesen fellépő kedvezőtlen mellékhatások elkerülése céljából az elmúlt évtizedekben a kíméletes, nem hőkezelésen alapuló élelmiszertartósítási technológiák növekvő figyelmet kaptak. A friss jellegű termékek iránt megnövekedett fogyasztói elvárások is olyan új környezetbarát, kíméletes tartósítási technikákkal foglalkozó kutatásokat eredményeztek, amelyek alkalmazása során minimális vitamin – és ízvesztés lép fel. A kíméletes tartósítási technológiák két, nemzetközileg széles körben kutatott képviselője a pulzáló elektromos térerő (PEF) és a nagy hidrosztatikai nyomású technológia (HHP). A technológiák előnye, hogy mikroorganizmusok elpusztítása mellett a zöldségek és gyümölcsök tápértéke és kedvező érzékszervi tulajdonságai nagymértékben megőrződnek.

Doktori munkámban a PEF és HHP eljárás alkalmazásának vizsgálatát tűztem ki célul gyümölcslevelek beltartalmi és egyéb minőségjellemzőinek mérésével, amelyek elvégzéséhez a legkorszerűbb analitikai módszereket alkalmaztam. Így például citrusleveket (narancslé, grépfrütlé, mandarinlé) PEF kezelésnek (28 kV/cm, 50 impulzus) és HHP kezelésnek (600 MPa) vettem alá. A fiziko-kémiai és színparaméterek vizsgálataim mellett szerves sav – és illékony aromakomponensek vizsgálatát végeztem, hogy átfogóbb képet kaphassak a kezelés által okozott hatásokról. Kémiai érzékelősorokat alkalmaztam, nevezetesen az elektronikus orr és elektronikus nyelv műszert annak megválaszolására, hogy lehetséges-e a műszerek használatával a kezelések és gyümölcslé típusok elválasztása. Ez a dolgozat kiemelt kutatási területét jelentette, tekintettel arra, hogy korábban a

kíméletes technológiák (PEF és HHP) összehasonlítását ezekkel a műszerekkel még nem végezték el.

Az egyre növekvő fogyasztói igényekből adódóan az élelmiszer technológiát fejlesztő szakemberek folyamatosan változó kihívásokkal szembesülnek. Az élelmiszerek fogyasztói elutasításának az egyik leggyakoribb oka a kellemetlen íz. Az élelmiszeripar évről évre panaszos visszajelzéseket kap a fogyasztóktól a mellékszagra vonatkoztatva, amely a friss, kezelt és csomagolt termékeknél egyaránt előfordulhat. Az *Alicyclobacillus acidoterrestris* spp. jelenléte olyan probléma az üdítőiparban, amely mindenképpen megoldásra szorul, mivel megjelenése kedvezőtlené teszi a termék érzékszervi tulajdonságát, élelmiszerbiztonsági és gazdasági kárt is okozva. Ez indokolta munkám során a kéméletes és hagyományos technológiák kombinációjával elérhető inaktiváció vizsgálatát. A mikroorganizmus jelenlétében a lé zavarossága figyelhető meg és erős mellékszag érezhető, amely a gvajakol termelődésének köszönhető. A technológiák hatékonyságát 100%-os gyümölcstartalmú alma – és narancslébe beoltott *Alicyclobacillus acidoterrestris* DSMZ 2498 mikroorganizmussal vizsgáltam.

A mikroorganizmus inaktiválásához hőkezelés (20, 50, 60 °C) és nagy hidrosztatikai nyomás (200, 400, 600 MPa, 10 perc kezelési idővel), valamint hőkezelés (20, 50, 60, 80 °C) és pulzáló elektromos térerő (három különböző energiaszint) kombinációit alkalmaztam.

A kezelt mintákat 4 héten át 4 °C-on tároltam. A 4 hetes tárolás során a mikrobiológiai analízis mellett mértem a fiziko-kémiai változásokat, a színparamétereket, valamint az illékony aromakomponensek esetleges változásainak mérésére elektronikus orrt alkalmaztam.

## 2. Célkitűzések:

1. Választ kerestem arra, hogy a három beoltatlan frissen facsart citruslé (narancs, grépfrút, mandarin) esetében a pulzáló elektromos térerő és nagy hidrosztatikai nyomású technológia alkalmazása milyen hatást gyakorol a fiziko-kémiai tulajdonságokra, beleértve a színtulajdonságokat is, a szerves savakra, és az illékony aromakomponensekre.
2. A beoltatlan levek illékony komponenseinek vizsgálatához elektronikus orrt és – nyelvet alkalmaztam. Céлом volt annak megállapítása, hogy vajon ezek az elektronikus berendezések alkalmassá válhatnak-e a kezelési típusok megkülönböztetésére, összehasonlítására, illetve szolgálhatnak-e esetleges detekciós rendszerként?
3. Annak a meghatározása, hogy az *Alicyclobacillus acidoterrestris* DSMZ 2498 mikroorganizmussal beoltott alma – és narancslé PEF és HHP kezelése hogyan kombinálható a hőkezeléssel és a két technológia hatását mennyire befolyásolja az alkalmazott hőmérséklet, illetve a 4 hetes tárolási idő? Milyen változásokat okozhat a

fent említett paraméterek meghatározása mellett az összfenol és gyökfogó tulajdonságban?

4. Az elektronikus orr képes-e megkülönböztetni a különböző nyomás- és hőmérséklet szinteken, illetve PEF kezelés esetében a különböző térerősséggel-és hőmérsékleten kezelt, majd különböző időtartamig tárolt *Alicyclobacillus acidoterrestris* DSMZ 2498 mikroorganizmussal beoltott gyümölcsleveket? További kérdésként merült fel, hogy ha az elektronikus orr PEF és HHP kezelések között különbséget tesz, akkor egy adott kezeléstípuson belül a különböző paraméterekkel kezelt levek között is képes-e különbséget tenni?

### 3. Anyagok és módszerek

A friss citrus gyümölcsök (narancs, grépfrút és mandarin) beszerzése a helyi piacról történt. Kísérleteimhez nagy mennyiségű gyümölcsből készült leveket állítottam elő, annak érdekében, hogy minden mérési sorozathoz azonos kiindulási anyagom legyen. A PEF és HHP kezelésre történő előkészítés a következőképpen zajlott: Az OSU-4B típusú laboratóriumi PEF berendezéssel történő méréshez a gyümölcsöket tisztításuk után Moulinex (Varipluse, Odacio 3) facsarógéppel feldolgoztam. Az így kapott 100% koncentrációjú pulpokat lecentrifugáltam 3000/perces fordulaton 30 percig majd ezt követően MN 640d/15 típusú szűrőpapíron átszűrtem, hogy a lében előforduló nagyobb gyümölcshús darabokat elkerüljem, amelyek a kezeléseik során gondot okozhatnak a dielektromos tulajdonságok különbözősége miatt. Mindezekre azért is szükség volt, mivel az OSU-4B típusú berendezés elektródák közötti távolsága 0,29 cm nagyságú, így a kezelőtérben eltömődéseket okozhat, amely a kezelés sikertelenségéhez is vezethet. Méréseim során 2  $\mu$ s szélességű bipoláris négyszöghullámokkal dolgoztam 28 kV/cm térerősség és 50-es impulzus alkalmazásával, 100  $\mu$ s kezelési idő alatt. Az áramlási sebesség 84 ml/perc, a kezelési hőmérséklet  $25 \pm 1$  °C volt. A Stansted FoodLab 900 típusú HHP berendezéssel végzett nagynyomású kezelés esetében a fent ismertetett minta előkészítési műveleteket követően 30 ml-es csavaros kupakú műanyag flakonokba töltöttem a kezelendő mintákat. A töltésénél kiemelt figyelmet fordítottam a légmentes lezárásra. A műanyag tárolóedényeket (4\*30 ml) behelyeztem a nagynyomású kamrába (37 mm belső átmérő  $\times$  300 mm belső magasság), amelyben etanol és rozsdásodás gátló (ricinusolaj, 15 v/v %) keveréke volt, majd a kezelést 600 MPa nyomáson 5perc időtartamig végeztem. A kiválasztott nyomás eléréséhez szükséges idő 90-100 másodperc volt és a nyomás elengedési szakasz ideje 30-40 másodperc. A kezelés alatti hőmérsékletet hűtőrendszer segítségével szabályoztam (Haake C40-F6), hogy 20 °C foknál magasabb értéket ne érjen el. A PEF és HHP kezelést követően a kezelt mintákat steril üvegedényekbe helyeztem és további analízisekig 4 °C-on tároltam.

A 100%-os frissen facsart gyümölcslevek (narancs, mandarin, grépfrút) esetében PEF és HHP kezelést követően mértem a kontroll, azaz kezeletlen, PEF- és HHP kezelt levek **fiziko-kémiai tulajdonságát**. A pH és vezetőképesség mérést Orion-4 Star (Thermo Electron Corporation) konduktométer segítségével, a Brix° mérést pedig refraktométer segítségével végeztem (Zeiss, Jena, Germany).

A Berliini Műszaki Egyetemen végzett munkám során *Alicyclobacillus acidoterrestris* DSMZ 2498 (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen; Braunschweig, Germany) mikroorganizmussal beoltott leveket kereskedelmi forgalomban kapható 100% gyümölcstartalmú alma és narancslevekkel dolgoztam, tekintettel arra, hogy nagy mennyiségű, mikrobiológiailag stabil, homogén mintára volt szükségem. A levek beoltása *Alicyclobacillus* szuszpenzióval történt 10 ml szuszpenzió/1000 ml gyümölcslé arányban. A beoltott levek végső mikrobaszáma  $10^6$  koncentrációjú volt. Az elektronikus orr segítségével, kifejezetten az *Alicyclobacillus* által termelt anyagcseretermék változásának mérését tűztem ki egyik célul.

A beoltott leveket folyamatos üzemű PEF- és az U 4000 típusú HHP berendezéssel kezeltem.

A minták pH mérését Inolab pH 740 (WTW Series, USA) konduktométer, a Brix° mérést refraktométer segítségével (RFM 80, Winopal Forschung, Germany) végeztem. Ezeket a tulajdonságokat a beoltott, de kezeletlen, azaz kontroll illetve PEF- és HHP kezelt leveknél is mértem, majd a tárolás során is nyomon követtem.

A frissen facsart és a mikroorganizmussal beoltott levek esetében a kontroll és kezelt gyümölcslevek **színmérése** kézi tristimulus színmérővel szobahőmérsékleten történt (Chromameter, CR 200, Minolta, Japán). A kapott  $L^*$  (világosság),  $a^*$  (piros zöld színbe való átmenet),  $b^*$  (sárga kék színbe történő átmenet) értékekből a CIELab rendszer alapján határoztam meg a teljes színinger különbséget ( $\Delta E$ ). A **Szerves savak vizsgálatát** a frissen csavart kezeletlen, PEF és HHP kezelt citrus gyümölcslevek (narancs, grépfrút, mandarin) mintáin végeztem el. A minták citrom-, alma- és aszkorbinsav tartalmának mérése nagyteljesítményű folyadékkromatográf (HPLC) segítségével történt Alliance Waters 2690 kromatográfias rendszerrel PDA detektorral (Waters 996) fordított fázison. YMC ODS\_AQ típusú oszlopot használtam (ABL; E-Jasco), az előoszlop ugyanilyen volt. Az eluens áramlási sebességét 0,7 ml/perc értékre állítottam be ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$  2,75 g/l). A citromsav detektálása 412 nm hullámhosszúságon történt, míg az aszkorbinsav esetében ez az érték 242 nm volt. Az frissen facsart citruslevek **illékony aroma komponenseinek vizsgálata** az aromaprofil gyors meghatározásának céljából szilárd fázisú mikroextrakciós mintavétellel (SPME) történt. A méréseim során egy PDMS (polidimetil-sziloxán) apoláris szálát használtam, amely 100  $\mu\text{m}$  rétegvastagságú volt (Supleco Inc.). A narancslé esetén JIA és munkatársai (1998) módszerét adaptáltam. Az illékony aromakomponensek elválasztása és azonosítása gázkromatográfias, tömegspektrometriás módszerrel történt. Ehhez HP 5890 típusú gázkromatográfhoz csatolt HP 5971

tömeg szelektív detektort használtam. Az alkalmazott oszlop RH-5ms 30 m x 0.25 mm belső átmérőjű, 0.25 µm filmvastagságú volt. A frissen facsart citruslevek **ízkomponensek változásának mérését** a Astree rendszerű **elektronikus nyelv** (Alpha-MOS, Toulouse, Franciaország) segítségével a Budapesti Corvinus Egyetem, Fizika-Automatika Tanszékén végeztem. A frissen facsart és a mikroorganizmussal beoltott gyümölcslevek illékony komponensek műszeres mérése NST3320 (Applied Sensor Technology, Linköping, Svédország) típusú **elektronikus orr** műszerrel, a Budapesti Corvinus Egyetem, Hűtő-és Állatitermék Technológia Tanszékén történt. Az elektronikus nyelv- és orr jelválaszainak kiértékelését többváltozós statisztikai módszerrel végeztem.

Az *A. acidoterrestris* mikroorganizmussal beoltott alma és narancslé hő+PEF valamint hő+HHP kezelését követően **mikrobiológiai vizsgálatokat** végeztem. A kezelt mintákat tartalmazó tubusokat rázógéppel alaposan összeráztam. 30 µl mintamennyiséget hígítási sorban feloldottam ¼ Ringer oldatban (TP887925712, Merck KGaA, Darmstadt, Németország) mikro titerek lemezeken (Carl Roth GmbH, Karlsruhe, Németország), majd mindegyik hígítási egységből 2\*50 µl mennyiséget csepegtetési módszerrel a Petri csészébe helyeztem a mikroorganizmusnak megfelelő táptalajra. A petri csészéket 46 °C hőmérsékleten, 48 óráig inkubáltam, majd ennek leteltével a kolóniákat manuálisan számoltam meg.

A mikroorganizmussal beoltott levek **összfenol tartalom** vizsgálatát SINGLETON és ROSSI (1965) által leírt módszer szerint végeztem spektrofotometriás úton (UV-Vis ), amely 760 nm hullámhosszúságon történt Folin-Ciocalteu reagens használatával. Az összes fenol tartalmat µg galluszsav/g nyersanyagra vonatkoztattam. Ugyanezen minták **gyökfogó aktivitását** YAMAGUCHI és munkatársai (1998) módszerével, 2.2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) alkalmazásával határoztam meg. A gyökfogó aktivitást µMol trolox/g nyersanyag mennyiségben fejeztem ki.

#### **4.Eredmények és értékelésük**

A **fiziko-kémiai tulajdonságok** (pH, Brix°, vezetőképesség) terén az eredményeket vizsgálva megállapítottam, hogy sem a frissen facsart beoltatlan citruslevek, sem a beoltott gyümölcslevek esetén a kontroll és kezelt minták között nem volt szignifikáns különbség.

A **tristimulusos színvizsgálat** eredményei azt mutatták, hogy a kontroll és kezelt minták szignifikánsan eltértek egymástól. Azok a citruslevek, amelyeket PEF technológiával kezeltem, a sárgás szín jelleg felé erősebb tendenciát mutattak, a piros szín jellege kevésbé volt meghatározó. Grépfrütlé esetében pedig a kontroll és HHP kezelt mintákat figyelembe véve a  $\Delta E^*$ értékek alapján a változás észrevehető különbséget mutatott, a lé sötétedett.

A mikroorganizmussal beoltott leveket vizsgálva, ahol a hő – és PEF, illetve hő és – HHP kombinált kezeléseket alkalmaztam, megállapítottam, hogy míg a HHP kezelés során adott nyomásszintek alkalmazásával, emelkedő hőmérséklet mellett az  $L^*$  értéke nő – tehát világosodik a lé –, addig a PEF kezelés során különböző térerősségek alkalmazásával az emelkedő 4 hőmérsékletszintet figyelembe véve az  $L^*$  értéke csökken, tehát ebben az esetben a lé sötétedik. Figyelemre méltó, hogy ha a tárolási idő előrehaladtával vizsgáltam egy adott hőmérsékletű kezelés hatását, a magasabb nyomásszinteken kezelt levek világosabbá válnak.

A HHP kezelés során a kezelési hőmérséklet emelése, míg PEF kezelés során a csökkenése eredményezte a  $b^*$  értékének csökkenését. Az  $a^*$  érték csökkenését eredményezte a HHP kezelt minták esetén a nyomás és kezelési hőmérséklet emelkedése, míg PEF kezelés esetében a növekvő térerő intenzitás emelkedő  $a^*$  értékben mutatkozott meg.

**A szerves savak és illékony komponensek vizsgálata** során megállapítottam, hogy a PEF kezelést követően a szerves savak tartalma kevésbé csökkent a citrusleveken a HHP kezelt levekhez viszonyítva. Szakirodalmi adatokra és eredményeimre támaszkodva azt a következtetést vontam le, miszerint a kezeléseket követő megnövekedett savtartalom egyes esetekben összefügghet a felszabaduló aromakomponensek feldúsulásával. Az illékony aromakomponensek vizsgálatánál megállapítható volt, hogy az etil észterek mennyisége nem csökkent a PEF kezelést követően. A főbb terpének esetében narancslé mintákban megemelkedett limonén szintet mértem a PEF kezelés eredményeként. A HHP kezelést követően azonban a limonén szint csökkent, a valencén mennyiségének növekedése mellett. Mindezek az aroma skalpolás jelenségét hivatottak bemutatni.

**A kémiai érzékelősorokkal** végzett mérések alapján megállapítható, hogy mind az **elektronikus orr**, mind az **elektronikus nyelv** alkalmas az új technológiákkal kezelt (PEF, HHP) citruslevelek megkülönböztetésére, azaz az érzékszervi és illékony komponensek esetleges változásait sikeresen nyomon követték. Ahogy az a CDA keresztvalidáció tévesztési mátrixának adatai alapján látható, a kontroll minták csak közel felét sikerült a helyes csoportba sorolni, ami arra enged következtetni, hogy az alkalmazott kezelések szintjei nem okoztak drasztikus változást a kezelt minták illékony komponenseiben.

Az *Alicyclobacillus acidoterrestris* (DSMZ 2498) mikroorganizmussal beoltott alma és narancslé vizsgálataihoz elektronikus orrt használtam. Megállapítottam, hogy a berendezések alkalmas a két különböző technológiával kezelt minták elkülönítésére. Arra is választ kaptam, hogy egy adott technológiát tekintve, ha különböző paraméterekkel (nyomás, energiainput) végeztem a méréseket, szintén elkülöníthetem az így kezelt mintákat az adott paramétereik szerint. Az elektronikus orr jelválaszai alapján végzett lineáris diszkriminancia analízis kimeneti értékeit figyelembe véve a szétválasztásnál a HHP kezelt minták esetében legmeghatározóbb tényező a gyümölcsle típusa volt, majd a kezelési hőmérséklet, tárolási idő, végül pedig az alkalmazott nyomás. A PEF kezelt



leveknél is ugyanez a sorrend volt a tendencia, utolsóként az energia input értékekkel. Az eredmények bebizonyították, hogy az elektronikus orr kiváló eszköz a kíméletes technológiák hatékonyságának vizsgálataihoz. Mindezekon felül kiváló képet nyújt a kíméletes technológiákat meghatározó kritikus paramétereikről is.

**A mikrobiológiai vizsgálatokat** tekintve megállapítottam, hogy hő – és nagy hidrosztatikai nyomás kombinációja, illetve hő – és pulzáló elektromos térerő kombinált kezeléssel az *Alicyclobacillus acidoterrestris* inaktivációja az alkalmazott paraméterek kombinációjától függő mértékekben elérhető. Az *Alicyclobacillus acidoterrestris* (DSMZ 2498) mikroorganizmussal beoltott alma és narancslé minták szobahőmérsékleten (20 °C) végzett HHP kezelését követően sem a spórák, sem a vegetatív sejtek száma nem csökkent jelentősen. Az 50 °C kezelési hőmérséklet mellett a spórák számában a nyomáskezelés már 2-3 log csökkenést tapasztaltam, míg a vegetatív sejteknél a nyomásszint emelésével azok száma a kimutathatósági határ alá csökkent.

A mikroorganizmussal beoltott levek hő+PEF kezelését követően 20 °C kezelési hőmérséklet mellett, még az energia input emelésével sem történt inaktiváció, de még az 50 °C és 60 °C-ra történő hőmérsékletre emelés sem volt elegendő a spóraszám csökkentésére. A 80 °C kezelési hőmérséklet és a legmagasabb energia input alkalmazása mellett a spóraszám már nem volt kimutatható. A kezelésekkel elért inaktiváció 4 °C-on történő tárolás alatt is fennmaradt, valójában néhány esetben a tárolás előrehaladtával még erősödött is. Ez az eredmény felhívja a figyelmet a kíméletes technológiákkal kezelt élelmiszerek hűtve tárolásának fontosságára.

**A biológiailag aktív komponenseket** vizsgálva, mind az összfenol tartalom, mind a gyökfogyó kapacitás tekintetében elmondható, hogy a hő+PEF és hő+HHP kombinált kezelések során alkalmazott emelkedő kezelési hőmérséklet sem okozott jelentős változást ezekben a tulajdonságokban, tehát nem volt károsító hatása ezekre nézve. A hő+PEF kombinált kezelés esetén az összfenol értékekben még emelkedést is megfigyeltem, amely nagyobb energiainput alkalmazásával a nagyobb fokú sejtmembrán permeabilizációnak volt köszönhető. Mindezek megerősítik a kombinált hő és PEF, illetve hő és HHP kezelések hatékonyságát és kímélő jellegét az összfenol tartalom és gyökfogyó kapacitás tekintetében.

## 5. Új tudományos eredmények, tézisek

1. Megállapítottam, hogy a három frissen facsart citruslé (narancs, grépfrút, mandarin) esetében alkalmazott pulzáló elektromos térerő (28 kV/cm , 50 impulzusszám, 2 µs impulzusszélesség) és a nagy hidrosztatikai nyomású technológia (600 MPa, 10 perc) nem okozott szignifikáns változást, azaz nem befolyásolta a levek fiziko-kémiai tulajdonságait (pH, Brix°, vezetőképesség), és a szerves anyag savtartalmát.

2. A citruslevelek (narancs, grépfrút, mandarin) illékony komponenseinek vizsgálataihoz használt elektronikus orr és nyelv alkalmazása sikeresnek bizonyult, alkalmazásuk során megállapítottam, hogy a 28 kV/cm térerősséggel 100  $\mu$ s kezelési idejű PEF- és 600 MPa nyomású és 10 perc kezelési idejű HHP kezeléseket sikeresen elkülönítették ezek a műszerek.
3. Az *Alicyclobacillus acidoterrestris* DSMZ 2498 mikroorganizmussal beoltott alma – és narancslé kombinált hő és PEF, illetve hő és HHP kezelése vizsgálatával megállapítottam, hogy a spórák és vegetatív sejtek inaktivációja szempontjából a leginkább meghatározó tényező a hőmérséklet volt, amelynek emelkedésével tendenciaszerű csökkenés volt megfigyelhető. Továbbá megállapítottam, hogy kombinált hő és HHP kezeléssel az *Alicyclobacillus acidoterrestris* spórái és vegetatív sejtjei eredményesebben inaktiválhatók.
4. Megállapítottam, hogy a pulzáló elektromos térerő önmagában, és hőmérséklettel kombinált kezelés formájában is, 95%-os megbízhatósági szinten az *Alicyclobacillus acidoterrestris* DSMZ 2498 mikroorganizmussal beoltott lé összfenol tartalmában növekvő jelleget mutat, ami akár a 20 %-os növekedést is elérhet.
5. A kanonikus diszkriminancia elemzés segítségével bemutattam, hogy az elektronikus orr képes volt megkülönböztetni az *Alicyclobacillus acidoterrestris* mikroorganizmussal beoltott alma és narancsleveken belül a különböző kezelési típusokat, úgy, mint PEF és HHP kezelés. Továbbá a PEF kezeléseken belül is képes volt a kis, közepes és nagy térerővel történő méréseket, illetve HHP kezelés esetén a 200, 400, 600 MPa nyomáson kezelt mintákat elkülöníteni.
6. Többváltozós matematikai statisztikai módszerek alkalmazásával, az elektronikus orr szenzor jelválaszai alapján kimutattam, hogy a gyümölcslevelek (alma, narancs) illékony komponenseire a hővel kombinált HHP és PEF kezelése körülményei eltérő mértékben hatnak, és a vizsgált faktorok befolyását tekintve a következő sorrend állítható fel. Legnagyobb hatása a kezelési hőmérsékletnek (20, 50, 60, 80 °C) volt, amit a tárolási idő (0,14,28 nap), majd a technológiai paraméterek (elektromos térerő, alkalmazott nyomás) hatása követett.

## **Az értekezés témaköréhez tartozó publikációk**

### **IF-es folyóiratcikk idegen nyelven**

**Piroska Hartyáni**, István Dalmadi, Zsuzsanna Cserhalmi, Dávid-Balázs Kántor, Marianna Tóth-Markus, Ágnes Sass-Kiss. (2011). Physical-chemical and sensory properties of pulsed electric field and high hydrostatic pressure treated citrus juices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. Vol 12(3), pp. 255-260

**Piroska Hartyáni**, István Dalmadi, Dietrich Knorr. (2012). Electronic nose investigation of *Alicyclobacillus acidoterrestris* inoculated apple and orange juice treated by high hydrostatic pressure. *Food Control (accepted)*, DOI: 10.1016/j.foodcont.2012.10.035

### **Nem IF-es folyóiratcikk magyarul**

**Hartyáni Piroska**, Bánáti Diána, Cserhalmi Zsuzsanna (2007) Kíméletes új élelmiszeripari eljárások, *Élelmészeti ipar* 61.évf., 8. szám, pp.226-232

**Hartyáni Piroska**, Bánáti Diána, Cserhalmi Zsuzsanna (2007) Kíméletes új élelmiszeripari eljárások, *Konzervújság*, LV. Évf. 3-4. pp. 66-74

Tóth A., **Hartyáni P.**, Bánáti D. (2008): Kíméletes új élelmiszeripari technológiák és fogyasztói megítélésük; *Új Diéta*, 2008/3-4. pp. 42-43.

Farkas Valér, Dalmadi István és **Hartyáni Piroska** (2011): Gyümölcslevek romlását okozó savtűrő baktérium anyagcseretermékének kimutatása elektronikus orral. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, 57, 2011/3, pp. 156-168

### **Könyv, Könyvrészlet**

**Hartyáni Piroska**, Cserhalmi Zsuzsanna, Bánáti Diána (2010). HHP és PEF technológiai kutatások a KÉKI-ben, *Élelmiszer-biztonsági kötetek VI. Új élelmiszeripari technológiák alkalmazási lehetősége és fogyasztói megítélése*, pp. 31-49, ISBN: 978-963-7358-11-1

### **Konferencia kiadványok:**

#### **Magyar nyelvű összefoglaló**

**Hartyáni Piroska**, Cserhalmi Zsuzsanna (2008); Pulzáló elektromos térrel kezelt gyümölcslevek vizsgálata, *FVM Fiala Kutatók az Élhető Földért*. pp.62. ISBN 963993502-6

#### **Nemzetközi konferencia, teljes összefoglaló**

**Hartyáni P.**, Cserhalmi Zs., Kántor D. B., Dalmadi I., Tóth-Márkus M., Sass-Kiss Á., (2008): Study of pulsed electric field treated fruit juices. *International Conference on Science and Technique in the Agri-food business (ICoSTAF)*, Abstract book, 202-203, pp. Conference book ISBN: (978-963-482-908-9).299-305 pp. 5-7. November

## **Nemzetközi konferencia összefoglaló**

**Hartyáni, P.**, Cserhalmi, Zs., Kántor, D. (2007): Investigation of PEF treated fruit juices; NovelQ TCD Training; Zaragoza, Spain, 5-7 September 2007

**Hartyáni, P.**, (2008): Investigation of PEF treated juices (physical-chemical properties and objective sensory analysis), NovelQ TCD Training; Berlin, Germany, 3-5 September 2008

**Hartyáni, P.**, Cserhalmi, Zs, Kardos-Neumann, Á., Tóth-Markus, M., Sass-Kiss, Á. (2009): Investigation of some physical-chemical parameters of pulsed electric field treated fruit juices, Second International Congress: Novel Technologies and Food Quality, Safety and Health, Girona, Spain, ISSN 1819-7779, pp. 88. 27-29 April 2009

**Hartyáni, P.**, Cserhalmi, Zs., Tóth-Márkus, M., Sass-Kiss, Á., Vámosi Falusi, Zs. (2009): Sensory and physical-chemical analysis of pulsed electric field treated citrus fruit juices. New challenges in the Food Preservation, EFFoST Conference, Budapest, Abstract book, pp. 105., 11-13 November 2009

**Hartyáni, P.**, Dalmadi, I., Cserhalmi, Zs., Jäger, H., Knorr, D. (2010): Physico-chemical and sensory properties of pulsed electric field – and high pressure treated apple and orange juice. BerlinFood 2010 European PhD Conference in Food Science and Technology, Conference CD, 8-10 September 2010

## **Hivatkozások (önhivatkozás nélkül)**

**Hartyáni, P.**, Dalmadi, I., Cserhalmi, Zs., Kántor, D.-B., Tóth-Markus, M., Sass-Kiss, A. (2011): Physical-chemical and sensory properties of pulsed electric field and high hydrostatic pressure treated citrus juices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. Vol 12(3), pp. 255-260

### **Idézi:**

Purkayastha, M.D., Kalita, D., Das, V.K., Mahanta, C.L., Thakur, A.J., Chaudhuri, M.K. (2012): Effects of L-ascorbic acid addition on micro-filtered coconut water: Preliminary quality prediction study using <sup>1</sup>H-NMR, FTIR and GC-MS. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. Vol 13, pp. 184-199