

İTÇ 2012  
III. İLERİ TEKNOLOJİLER ÇALIŞTAYI

4 - 6 Ekim 2012

TÜYAP Uluslararası Fuar Merkezi Büyükçekmece / İstanbul

www.itc.org.tr

itc@itc.org.tr



TC  
İSTANBUL  
KÜLTÜR  
ÜNİVERSİTESİ



**TEMEL İLGİ ALANLARI**

- 1- Malzeme, Makine, Tasarım
- 2- Enerji, Sanayi, Ekonomi
- 3- Elektrik, Elektronik, Bilgi Teknolojileri, Bilişim
- 4- Dil, Eğitim, Teknoloji Yönetimi

**Önemli Tarihler**

- Özet Gönderme: 1 Ağustos 2012  
Özet Cevaplama: 6 Ağustos 2012  
Bildiri Gönderme: 6 Eylül 2012  
Bildiri ve Poster Cevaplama 10 Eylül 2012

**Fuara Katılacak Üniversitelerin Stant Talebi**

- Stant talebinin bildirilmesi: 6 Ağustos 2012  
Stant talebinin cevaplandırılması: 10 Ağustos 2012

**ÜNİVERSİTE TEMSİLCİLERİ**

**Kocaeli Üniversitesi Koordinatörü**

Doç. Dr. Nalan TEKİN

**Bahçeşehir Üniversitesi Koordinatörü**

Yrd. Doç. Dr. Yalçın ÇEKİÇ

**İstanbul Kültür Üniversitesi Koordinatörü**

Yrd. Doç. Dr. Gürsel HACİBEKİROĞLU

**Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü**

Yük. Müh. Ali Murat SOYDAN

**Bahçeşehir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi:**

Çırağan Cad. No:4 34353 Beşiktaş / İSTANBUL

**BİLGESAM: Mecidiyeköy Yolu Cad. Celil Ağa İş Merkezi**

No:10 K:9 D:36-38 Mecidiyeköy / İSTANBUL

**AKADEMİK ÜST KURUL**

- Prof. Dr. Ali GÜNGÖR (Bahçeşehir Ünv.)  
Prof. Dr. Süleyman DEMOKAN (Bahçeşehir Ünv.)  
Prof. Dr. Hasret ÇOMAK (Kocaeli Ünv.)  
Prof. Dr. Çetin BOLCAL (İstanbul Kültür Ünv.)  
Prof. Dr. Ali ATA (Gebze Yüksek Teknoloji Enst.)  
Doç. Dr. Atilla SANDIKLI (BİLGESAM)  
Azize GÖKMEN (MYO., METGEM)

**ÇALIŞTAY BAŞKANI**

- Prof. Dr. M. Oktay ALNIAK (Bahçeşehir Ünv.)  
oktay.alniak@bahcesehir.edu.tr 0212 - 381 06 66

**ÇALIŞTAY BAŞKAN YARDIMCISI**

- Prof. Dr. Metin GÜRÜ (GAZİ Ünv.)

**BİLİM KURULU BAŞKANI**

- Prof. Dr. Oktay ÖZCAN (Bahçeşehir Ünv.)

**GENEL KOORDİNATÖR**

- Aylin ÇELİK TURAN (Bahçeşehir Üniversitesi)  
aylin.celik@bahcesehir.edu.tr 0212 - 381 06 52

**TEKNİK KOORDİNATÖR**

- Orhan DEDE (BİLGESAM) 0212 - 217 65 91  
orhan.dede@bilgesam.org

**İDARİ KOORDİNATÖR**

- Aslı TOKAÇ (BİLGESAM) 0212 - 217 65 91  
aslitokac@hotmail.com

**GRAFİK TASARIM**

- Kaan TUĞCUOĞLU (BİLGESAM)  
kaantugcuoglu@bilgesam.org



ANADOLU PLAZMA  
TEKNOLOJİ MERKEZİ



- [5] L. G. Shattuck and D. D. Woods, "Communication of intent in military command and control systems," in *The Human in Command: Exploring the Modern Military Experience*, C. McCann and R. Pigeau, Eds. New York: Kluwer, 2000, pp. 279-292.
- [6] Annon H. Eden and Tom Mens, "Measuring Software Flexibility," Technical report CSM-424, 2005.
- [7] Stephen W. Liddle, "Model-Driven Software Development," Brigham Young University, 2010
- [8] Scott W. Ambler, "Agile Model Driven Development (AMDD)," <http://www.agilemodeling.com/essays/amdd.htm>, 2007
- [9] R. Pieck and V. Straijckja, "Model Driven Development - future or failure of software development?" in *IIS 07: 18th International Conference on Information and Intelligent Systems*, 2007
- [10] OMG, Model Driven Architecture (MDA), Document number omsec/2001-07-01, July 9, 2001
- [11] Uwe Abmann, "Model-driven architecture (MDA) and component-based software development (CBSW)," *XOOTS Magazine*, pp. 5-7, Eindhoven, September 2007
- [12] L. Yusuf, M. Chassel and T. Gardner, "Implement model-driven development to increase the business value of your IT system," <http://www-128.ibm.com/developerworks/library/ar-mddl/>, 14.04.2006
- [13] D. K. Hammer and M. R. V. Chandron, "Component-Based Software Engineering for Resource-Constrained Systems: What are the Needs?" in *Proc. 6th Int. Workshop Object-Oriented Real-Time Dependable Systems (WORDS 01)*, Rome, Italy, Jan. 2001, pp. 91-96
- [14] L. Saeveski and J. Veseli, Introduction to Model Driven Architecture (MDA), June 2007
- [15] B. Selic, "The Pragmatics of Model-Driven Development," *IEEE Software*, vol. 20, September 2003

## DARBELİ ELEKTRİK ALAN TEKNOLOJİSİNİN GIDA ENDÜSTRİSİNDEKİ POTANSİYEL UYGULAMA ALANLARI

Erkan KARACABEY, Fırat ÇINAR, Erdoğan KÜÇÜKÖNER

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü,  
ISPARTA

### Özet

Geçmiş 1960'lı yıllara kadar dayanan darbeli elektrik alan (DEA) teknolojisi günümüzde kadar kattığı yolda önemli gelişmeler göstermiştir. Gelişmelere paralel olarak ilk ticari uygulaması ise ancak 2006 yılında gerçekleştirilmiştir. Uygulamasında elektrik alan yoğunluğuna bağlı olarak farklı amaçlarla kullanım olanakları sunan bu teknolojinin gıda endüstrisinde önemli katkılar yapılabilme potansiyeli oldukça yüksektir. Bu amaçla bu çalışmada DEA teknolojisinin geçmişten günümüze bir değerlendirmesi yapılacaktır, gelecekte multimedya kullanım alanları incelenecektir. Çalışma özellikle gıda sanayinde yaygın kullanılan teknolojilerin yerine geçebileceği potansiyeli olan DEA uygulamasının daha iyi anlaşılabilmesi ve gelecek projelere destek olabilmek adına önemli katkılar sağlayacaktır.

### 1.Giriş

Beslenme ve insan sağlığı arasındaki ilişkinin tüketiciler tarafından anlaşılmasıyla birlikte, gıda işleme konusundaki bakış açısı da değişmiştir. Tüketicilerin taze veya doğal yakın, sağlıklı, kullanışlı, katkı maddesi kullanımının azaltılması ve zengin çeşitlilikteki gıda talepleri doğrultusunda, gıda sanayicilerinin de gıda üretim hızını artırmak, ürün kalitesini ve raf ömrünü geliştirme konusundaki gereksinimleri hızla artış göstermiştir. Bu bağlamda gıda üreticileri, yeni teknoloji ve yöntem arayışı içine girmiş, seramik, demir-çelik üretimi, genetik mühendisliği ve tıp gibi alanlarda kullanılmakta olan bazı teknolojileri uygulamaya başlamışlardır ([www.gidaguvenciligidemegi.com](http://www.gidaguvenciligidemegi.com)). Gıda alanında her geçen gün yenileri eklenen yöntemler, mevcut uygulamaların neden olduğu olumsuzlukları ve/veya yetersizlikleri ortadan kaldırmaya çalışmaktadır. Yeni (Novel) teknoloji de denilen bu yöntemlerde amaç gıda proseslerine alternatifler üreterek tüketici taleplerini karşılarken, geliştirilen alternatiflerin avantajlarından faydalanmaktır. Bu avantajlar içerisinde gıdaların fonksiyonelliklerinin korunması ve/veya geliştirilmesi, besleyici değerlerinin en üst seviyede korunması, üretim proseslerinin daha ekonomik ve güvenli olması, üretim maliyetlerindeki

düşüğe paralel olarak satış maliyetlerinin ve tüketicinin ekonomisine olumlu yansımaları sağlanması vb. gelmektedir.

Son dönemde adından sıkça bahsettiren yeni (novel) teknolojiler arasında yüksek basınç uygulamaları, mikrodalgaya, ultrason, nanoteknoloji, darbele elektrik alan teknolojisi yer almaktadır. Her birisi kendi içerisinde ayrı ayrı uygulama potansiyellerine sahip olan bu teknolojilerle ilgili literatürde birçok çalışma mevcuttur. Bahsi geçen çalışmalarda bu teknolojiler farklı gıda işlemlerinde kullanılmışlar, farklı oranlarda başarılar sağlanmıştır. Bu işlemler içerisinde özellikle gıda güvenliği açısından önemli büyük olan mikrobiyel inaktivasyon uygulamaları ilk sıralarda yer almaktadır. Bahsi geçen teknolojilerin hemen hemen hepsinin mikrobiyel inaktivasyona yönelik araştırmaları mevcuttur. Burada geleneksel yöntem olan farklı şartlarda ısı işlem uygulamaları çok eski zamanlardan günümüze kadar uygulanana gelmiş yöntemdir. Ancak ısı işlem uygulamaları gıdadan gıdaya farklılık göstermekle birlikte istenilen güven sınırında inaktivasyonun gerçekleştirilmesi beraberinde gıda içerisindeki besin öğelerinde ve gıdanın fonksiyonel özelliklerinde kayba neden olmaktadır. Özellikle son dönemde bireylerin konu hakkındaki bilgilerinin artması ile birlikte tüketiciler bu hususlara daha büyük önem göstermeye başlamışlardır. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda mikrobiyel inaktivasyon amacıyla ısı işlem uygulamalarının yerini alabilecek veya ısı işlem koşullarını daha düşük seviyelere çekebilecek yeni teknoloji araştırmaları hız kazanmıştır.

## 2. Darbele Elektrik Alanı (DEA) Uygulanması

Önceki bahsedildiği gibi yeni teknolojilerin bir çoğunun bu maksatla araştırılmaları bulunmaktadır. Bunlar içerisinde ısı olmayan teknolojilerden birisi olan darbele elektrik alanı (DEA) uygulamasıyla ilgili de önemli çalışmalar yapılmaktadır. DEA uygulaması sıvı ve yarı-sıvı gıdalara uygulanabilen bir işlemdir. Gıdanın kalite parametrelerinin en üst seviyede konulduğu bu teknolojiye ısı uygulama yer almamak, nihai ürün aroma, tat ve görüntü olarak en üst seviyede üretilemektedir.

DEA teknolojisi DEA odacığının uygulama bölgesini oluşturan iki elektrot arasındaki gıda maddesi içerisinde güç dalgalarının geçmesi prensibine dayanmaktadır. Gıda maddesinin uygulamaya maruz kaldığı bu bölgeye elektrik alanı denilmektedir. Elektrik alanının yoğunluğu 2-87kV/cm arasında değişebilmekle birlikte etkin aralık olarak uygulamada daha sık 20-50 kV/cm kullanılmaktadır (Barsotti et al., 1999; Barbosa-Cánovas et al., 2000;

maddeleri kullanılabilir. Uygulama parametreleri olaraksa elektrik akımının verilme süresi, elektrik alanının şekli ve yoğunluğu farklılık göstermektedir (Ramawamy et al., 2012). Bir darbenin süresi mikrosaniyelerle ifade edilirken uygulamanın toplandığı bu süre milisaniyeler seviyesine çıkmaktadır.

DEA uygulamasının ilk çıkış noktası elektrik alan oluşturarak bakteriyel membranında DNA geçişi için porlar oluşmaktadır. Ancak çalışmalar bu teknolojinin amacına ulaşmasında elektrik alan uygulamasının yoğunluğunun belirli limitleri aşmasının hücrede geri dönüşü olmayan zararlara neden olduğunu göstermiştir (Zimmerman, 1986). Bu durum DEA uygulamasının farklı amaçlarla kullanılabilmesi düşüncesini doğurmuştur. Bu uygulamalar içerisinde en yoğun çalışmalardan birisi de mikrobiyel inaktivasyondur. Mikrobiyel inaktivasyon amaçlı DEA uygulamasının kullanımından önce elki mekanizmasının nasıl olduğunu anlaşılmasında fayda vardır. Bu sistemde yüksek yoğunluklu DEA uygulaması mikrobiyel hücre membranında stres ve stabilite bozukluğuna neden olmaktadır, hatta geri dönüşü olmayan bozuklukları oluşmakta, (Pothakamuryel et al., 1997; Jin, et al., 1998; Calderón-Miranda, et al., 1999c), iyon transfer işleminde değişimlere neden olmakta (Vega-Mercado, et al., 1996; Kim, et al., 2001) ve/veya enzim yapısının değiştirmektedir (Vega-Mercado, et al., 1995; Fernandez-Díaz, et al., 2000). Membran dielektrik bozulunu teorinde mikrobiyel inaktivasyon elektiriksel alan etkisiyle membran geçirgenliğinde oluşan artış ile açıklanmıştır. Teoriye göre membranda oluşan aşırı geçirgenlik elektiriksel polansiyelin hücrenin normal potansiyelinden fazla olduğu durumda gerçekleşen elektrik alanının bir sonucu olarak ortaya çıkmakta, hücre içi ve dışı iyon transferinde dengesizlikler ve hücrede şişme ve sonuçta kalıcı hasarlar oluşmaktadır (Tsong, 1990). DEA uygulamasının elki mekanizmasının por oluşumuna dayanmasına rağmen, mikro düzeydeki yapısal çalışmalarda por oluşumu her zaman gözlemlenmiştir. Ancak hücre membranında zarar oluşması, hücre içi materyalin hücre dışına kontrolsüz çıkması ve hücre proteinlerindeki değişimler tespit edilmiştir (Calderón-Miranda, et al., 1999; Kim, et al., 2001). Bu sonuçlar DEA uygulamasının elki mekanizmasının daha iyi anlaşılmasına yönelik çalışmaların devam etmesi gerektiğini göstermektedir.

Mikrobiyel inaktivasyona yönelik uygulamalara değinmeden önce uygulananın değişkenlerinden bahsetmek gerekmektedir. DEA teknolojinin uygulamasında sisteme, uygulanan ürtüne ve hedefin özelliklerine bağlı faktörler etkili olmaktadır. Bu faktörler şu şekilde sıralanabilir (Demirdöven, 2008):

- işlem koşullarına bağlı faktörler

- ✓ elektriksel alan şiddeti,
- ✓ puls dalga şekli,
- ✓ uygulama süresi,
- ✓ sıcaklık,
- ürüne bağlı faktörler
  - ✓ iletkenlik,
  - ✓ pH,
  - ✓ iyon kuvveti,
  - ✓ partikül oranı,
  - mikrobiyal faktörler
    - ✓ mikroorganizma tipi,
    - ✓ konsantrasyonu,
    - ✓ gelişme aşaması

Farklı enerji seviyelerinde elektrik alan uygulamasının *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis*, *Bacillus subtilis*, *Streptococcus cremoris*, *Micrococcus radiodurans*, ve *Bacillus subtilis* inaktivasyonunda başarılı olduğu rapor edilmiştir (Dovenspeck, 1960). Ayrıca *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus lysodeketicus*, *Sarcina lutea*, *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *B. megaterium*, *Clostridium welchii*, gibi bakteriler ve mayalar (ör: *Saccharomyces cerevisiae* ve *Candida utilis*) üzerinde homojen elektrik alanın ısı olmayan öldürücü etkisi gözlemlenmiştir (Sale ve Hamilton, 1967; Hamilton ve Sale, 1967). Günümüzde de meyve suları, soslar, süt ve sıvı yumurta gibi gıdalarda bozulma etmeni mikroorganizmalar üzerine geniş kapsamlı çalışmalar devam etmektedir. Bazı durumlarda 7 log'luk inaktivasyonun sağlandığı ve hatta patojen mikroorganizmaların tamamen inaktive edildiği depolama sürecinde tespit edilmiştir (Barbosa-Cánovas, et al., 1999). Vegetatif hücreler dışında spor inaktivasyonuna yönelik çalışmalarda bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birisinde su içerisinde *Bacillus sporlantra* %90-99 oranında başarı sağlanmıştır (Marquez et al., 1997). Meyve suyundaki küf sporlarının DEA uygulamasıyla inaktivasyonunda kondisyonlarda yüksek başarı sağlanırken, askosporlarda aynı sonuçlar gözlemlenmemiştir (Barbosa-Cánovas, et al., 1999). Yıkarda değinildiği gibi DEA uygulamasının başarıya ulaşmasında birden fazla faktör etkili olmaktadır. Buna göre yapılan bir çalışmada *Staphylococcus aureus* susularının DEA karşı direncinin büyüme evresiyle ilişkisi incelenmiştir. Bu çalışmaya göre susular arasında ısıya karşı duyarlılık farklılıkları olmakla birlikte DEA karşı birbiriyle paralel direnç göstermişlerdir. Gelişimin duragan fazında eksponansiyel büyüme evresine göre yüksek

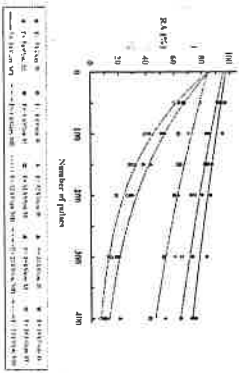
direnç göstermiştir (Cebrián, et al., 2007). Diğer bir çalışmada da inaktivasyon testleri *Escherichia coli* susuna (ATCC 25922) yönelik olarak yapılmıştır. Hedef mikroorganizmaların uygulamaya dirençlerinin en yüksek olduğu gelişimin duragan fazında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 1 Hz frekansda darbe sayılarının 20, 70, 140, 200, 250, 300 ve 350 olduğu denemeler yapılmıştır. Darbe sayısının 200 ve üzerinde olduğu uygulamalarda 4 log'luk inaktivasyon sağlanmıştır (Cortese, et al., 2011). DEA uygulamasının mikrobiyel inaktivasyonu üzerine etkilerinin araştırılmasında uygulamadaki değişkenlerin sonuç üzerinde etkisi olmasının yanı sıra uygulanan ortamın lampon çözeltili, sıvı besiyeri veya gıda maddesinin bizaat kendisinin olmasında farklılık yaratmaktadır. Gıdalar üzerindeki mikrobiyel inaktivasyon çalışmalarını geniş ürün yelpazesinde araştırılmıştır. Bu grup içerisinde önce de değinildiği gibi meyve suları, süt, kuru bitkiler, sıvı yumurta beyazı, sıvı yumurta gibi ürünler yer almıştır. Tablo 1'de bazı çalışmalarda gıdalarda ve çözeltilerde gerçekleştirilmiş olan DEA uygulamalarının sonuçları özetlenmiştir. Tablo sonuçlarında göstermektedir ki uygulamaya maruz kalan ürünlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri mikrobiyel inaktivasyon üzerine etkili olmaktadır. Bu noktadan hareketle yapılan bazı çalışmalarda pH ve elektrik iletkenliği gibi özelliklerin farklı mikroorganizmaların DEA uygulamasıyla inaktivasyonu üzerine etkileri araştırılmıştır (Alvarez et al., 2000; Jayaram et al., 1993; Vega-Mercado et al., 1996; Wouters et al., 1999).

DEA yönteminin diğer bir uygulama alanı enzim inaktivasyonudur. Bu amaçla kullanımında etki mekanizması tam olarak belirlenmemiştir. Enzimler gıdalarda doğal olarak bulunan proteinler olup biyolojik proseslerin düzenlenmesinde katalitik aktivitelere sorumlu maddelerdir. Enzimlerin DEA ile inaktivasyonu konusunda yapılan çalışmada bulgularında tezatlıklar söz konusudur. Bazı araştırmacı grupları enzimler üzerine DEA uygulamasının enzimleri inaktive ettiğini savunurken bazı gruplar hiç bir etkisinin olmadığını görüşündedirler. Farklı sonuçlara ulaşılmasında çalışmalarda kullanılan hammaddede farklılığı, hedef enzimin farklılığı gibi konular önemli olurken, bazı enzimlerin kimyasal yapılarına bağlı olarak DEA uygulamalarına daha duyarlı olduğu düşünülebilir. Enzimlerin kompleks yapıları nedeniyle bu konuda yapılacak çalışmaların artırılması gereklidir (Bilek, 2010).

DEA uygulamaları:

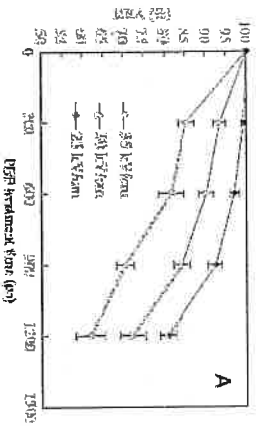
- Proteinlerin denatürasyonuna,
- Kovalent bağların kırılmasına ve
- Yükseklenme indirgenme reaksiyonlarına neden olabilir.





Şekil 1. DEA sisteminin gıdalara uygulanması (Seacheol, 2007)

Şekil 2. Domatesteki Pektin Metil Esterazın Farklı Vurgu Şiddetleri Altında Azalışı (Giner, 2000)



Şekil 3. Elektrik alan kuvvelinin ve süresinin lizozim enzimi aktivitesi üzerine etkisi (Acar, 2011).

Lizozim enziminin inaktivasyonu, elektrik alan şiddeti, uygulama süresi, elektriksel frekans ve enzim konsantrasyonuna bağlı olduğu açıklanmıştır (Acar, 2011).

Tablo 2. Bazı Enzimler Üzerine PEP' in Uygulanması (Hui, 2006)

Enzim	Uygulama	Ortam	PEF Etkisi	Enzim Kaynak	Referans
Amilaz	4.26kV/cm, azalma vurgusu, 2. µs T=20°C, f=0.5 Hz	Danulık su	%70-80 inaktivasyon	Bacillus licheniformis	Ho ve ark. (1997)
Alkali Fosfataz	13.2kV/cm, 70vurgu	Inek sütü	%96 inaktivasyon	Süt	Barboose-Canoys ve ark. (1996)
Glukoz Oksidaz	21.5 kV/cm, 1-1000 üstel azalma vurgusu, f=0.5Hz	Inek sütü	Inaktivasyon yok	Süt	Grahl Mankl (1996)
Lipaz	21.5 kV/cm, 1-1000 üstel azalma vurgusu	50 mM sodyum asetat	%75 inaktivasyon	Aspergillus niger	
Lipoksisgen az	88 kV/cm, 30üstel azalma vurgusu, 2µs, T=20°C, f=0.5Hz	Danulık su	%85 inaktivasyon	Süt	Grahl Mankl (1996)
Lipoksisgen az	2.5-20 kV/cm, 100-400üstel azalma vurgusu, 1µs, f=1 Hz	Yeşil Bezelye Suyu	Inaktivasyon yok	Bugday Tohumu	Flo ve ark. (1997)
Papain	10.20 ve 30kV/cm, 1-1000 vurgu, 5 ve 40µs, f=1 ve 100 Hz	Yeşil Bezelye Suyu	%64 inaktivasyon	Van Looy ve ark. (2002)	
Papain	20-50 kV/cm, 200-500 kare dalga vurgu, 4µs, T<35°C, f=1.5kHz	Danulık su	%64 inaktivasyon	Papaya	Yoon ve ark. (1999)
Poli Fenol Oksidaz	24 kV/cm, 20-100 üstel azalma vurgusu, T<25°C,	Papain çözeltisi+1mM EDTA	PEF uygulamasının hemen ardından %5 inaktivasyon, 4°C'de 24 saat bekledikten sonra %85 inaktivasyon	Elma	Giner ve ark. (1997)
		Danulık su	%97 inaktivasyon	Armut	
		Danulık su	%70 inaktivasyon		
		Danulık su	%62 inaktivasyon		

50 KV/cm, 30Hsrel azalma vurgusu, 2µs, T=20°C, f=0,5Hz	50mM Potasyum Fosfat	inaktivasyon	Mantar	Ho ve ark.(1997)
31 KV/cm, 100 vurgu, 1- 40 µs, f=1 Hz	%100 suynu	Elma yük	Elma	Van Loey ve ark. (2002)

DEA uygulamasının gıda endüstrisinde kullanımı alanları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir (Tablo 3).

**Tablo 3. DEA'nın Gıda Endüstrisinde Kullanımı**

Yüksek Sıddetli DEA	Düşük Sıddetli DEA
→ Sıvı ürünlerin pastörizasyonunda,	→ Kuruma verimliliğinin artırılması (ozmotik dehidrasyon)
→ Hücre içi metabolit ekstraksiyonu(elektroplazmoliz)	→ enzim aktivitesi
→ Enzim inaktivasyonu	→ İngrediyentlerin korunması → Mikrobiyal yükün azaltılması,

- Pastörizasyon
  - ✓ Sıvı gıdalar (meyve suyu, süt, soslar, sıvı yumurtalar)
  - ✓ Sürülebilir gıdalar (meyve ve sebze püreleri)
- Suyun İşlenmesi
  - ✓ Düşük maliyet (yaklaşık 0.4-0.8 dolar/litre suyun pastörize edilmesi için düşük maliyet sağlar.)
- Meyve Suyu Ekstraksiyonu
  - ✓ DEA, meyve ve sebze hücrelerinin yıkılmasına neden olur ve böylece hücrelerden meyve suyu ekstraksiyonu gerçekleştirir. (Acar, 2011).

DEA uygulamasının buraya kadar mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonlarına yönelik çalışmaları idelenmiştir. Bunlar dışında muhtemel uygulama potansiyeli olan alanlarına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar DEA sisteminin muhtemel gelecekte gıda endüstrisinde kullanımı olanaklarını da artırmaktadır. Bu yöndeki bir çalışmada şarap üretimi öncesinde tütün tanelerine DEA uygulaması yapılmıştır. Uygulamaya maruz kalan tütümlerden elde edilen şarapların 2 aylık depolama sonucunda antosiyanin

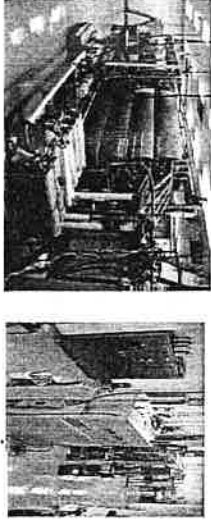
çalışmada DEA uygulamasının maserasyon işleminin süresi sabit kalmak şartıyla maserasyon sıcaklığının kontrol grubuna göre düşürülmesini sağlanmış, böylece yüksek sıcaklıkta fenolik oksidasyonun önüne geçilebilmiştir (Petrifias, et al., 2011). Diğer bir çalışmada ise hücre içi materyalin seçimi ekstraksiyonuna yönelik bir uygulamada Saccharomyces cerevisiae mayası üzerinde araştırma yapılmıştır. DEA uygulamasının belli oranda hücre içi iyonik materyallerin, proteinlerin ve nükleik asitlerin ekstraksiyonunda etkili olduğu belirlenmiştir (Liu, et al., 2011). DEA uygulamasının bitki tektürü ve dolayısıyla depolama stabilitesi üzerine etkilerinin incelendiği diğer bir çalışmada kuşkonmaz çalışma materyali olarak seçilmiştir. Bu çalışmada DEA uygulamasının depolama davranışını etkilediği ve bunun nedeninin de DEA uygulamasının sonucunda artan su kaybı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Maillard reaksiyonunun substratı olan glikoz seviyesinde azalma, benzer şekilde lignin seviyesinde de azalma tespit edilmiştir. Özellikle lignin parçalanmasının muhtemel nedeni olarak lignin ve selüloz arasındaki dipol-dipol bağlanmaların uygulamadan etkilenmesi gösterilmiştir (Janositz, et al., 2011). DEA uygulamasının potansiyel kullanım ile ilgili bir başka çalışmada ise yumurtla kabuğundan kalsiyum malat ürünü üzerinde durulmuştur. DEA uygulamasının kalsiyum malat ekstraksiyonunu olumlu yönde etkilediği bulunmuştur. Ayrıca invitro çalışmalar DEA uygulamasıyla elde edilen yumurtla kabuğu kalsiyum malatının fare hücrelerinde yapılan çalışmada kalsiyumun emilimini güçlendirdiğini ve bunun dışında iskelet yapısının gelişimine ve sağlıklı bir iskelet yapısının oluşumuna katkısının olduğunu rapor etmiştir (Lin, et al., 2012). DEA uygulamasının yapı üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada ise soya proteinin izolatu kullanılmıştır. DEA uygulamasının yapısal değişikliklere neden olduğu rapor edilmiştir. Özellikle uygulamamın sülfürlü ve disüflü bağları üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Li, 2012).

### 3. Ticari Dea Uygulaması

DEA uygulamasına ticarileşmesine yönelik çalışmalar daha çok sıvı gıdalar üzerinde yoğunlaşmıştır. Sıvı gıdaların pastörizasyonunda belirli ölçülerde başarı sağlanmasının sonucu olarak endüstriyel üretimde kullanılmaya başlanmıştır. İlk ticari ürün olarak 2005 sonlarında A.B.D.'de DEA uygulamasıyla pastörize edilmiş meyve suları ve kavrularları rafardaki yerini almıştır. İlk ticari tesis Genesis tarafından meyve sularının pastörizasyonu amacıyla ABD'de 2005 yılında kurulmuştur. Ekipman kapasitesi 200 L/h' tir. (Bliek, 2010).

Yargulu elektrik alan uygulaması ile pastörize edilen meyve sularının raf ömrünün 4 hafta olduğunun belirlenmiş, sonuç olarak DEA tekniğinin kullanılmasıyla pastörize edilen meyve

sularının güvenli olduğu belirtilmiştir. Vurgulu elektrik alan uygulamaları ABD'de Gıda ve İlaç Dairesi tarafından (FDA) tarafından 1996 yılında sıvı yumurta pastörizasyonu işlemi için onaylanmış olup Avrupa'da ise halen onay beklemektedir. Avrupa Birliği'nde (Novel Foods Regulation (EC) No 258/97 kapsamında) PEF uygulaması ürünlerin daha detaylı olarak araştırılması gerektirir. (Bilek, 2010).



**Şekil 4: PEF uygulaması için ticari ölçekte ekipman ABD' de "Diversified Technologies" tarafından üretilmektedir (<http://www.worldfoodscience.org>)**

Vurgulu elektrik alan uygulamasının, katı gıdalarda ekstraksiyon, kurutma gibi gıda prosesleri öncesinde bir ön işlem basamağı olarak kullanımının proseslerin verimini, hızını ve ürün kalitesini arttırdığı belirlenmiş bu konu üzerine araştırmalar en fazla Almanya ve Fransa'da gerçekleştirilmiştir. Endüstriyel anlamda bu teknolojinin katı ürünlere uygulanmasında karşılaşılan zorlukların yanı sıra yüksek kapasitede ekipman geliştirilmesi ve bu teknolojinin var olan endüstriyel sistemlere adapte edilmesi konusunda zorluklar bulunduğu gerçeği ise halihazırda sektör önünde duran en büyük engeldir.

#### 4.Sonuç

DEA uygulaması gıda endüstrisinde kullanılan olanagü bulan yeni (novel) teknolojilerden biri olmakla birlikte, henüz endüstriyel boyutta uygulamalarında yaşanan sorunlar, her tür gıdaya uygulanabilirliğinin olmaması ve özellikle mikrobiyel inaktivasyon gibi tüketici sağlığını direkt etkileyen konularda uygulamanın başlarıyla ulaşmasının gıdanın özelliklerine göre farklılık göstermesi tam anlamıyla gıda sanayinin içersine adaptasyonunu engellemektedir.

Ayrıca tüketicinin alışlagelmiş yöntemler yerine bu yeni teknolojilerden faydalanılarak üretilen ürünlere karşı yeterli bilgi sahibi olmamaları nedeniyle kuşkuyla yaklaşmaları da diğer aşılması gereken önemli bir noktadır. Özellikle tüketicilerin bilinçlendirilerek teknoloji ve kazanımları hakkında fikir sahibi olmalarını sağlanmasının bu olumsuz algının kırılmasında ve teknolojinin önünün açılmasında büyük katkıların olacağı aşiktadır. Gıda

sağlanan mikrobiyel inaktivasyon ve enzimlerin inaktivasyonları gibi konular dışında çalışmalar DEA teknolojisinin diğer gıda işleme yöntemlerinde de gelişmelere paralel olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Özellikle canlı hücrelerden hücre içi metayalin seçimi ekstraksiyonu, kurutma işlemi gibi konularda hücrenel yapıda neden olduğu etkilerden dolayı kullanımını mümkün olabilecektir. Ayrıca bu teknolojinin diğer teknolojilerle ortak kullanımında özellikle ısı işlem gibi durumlarda özellikle gıdanın besleyici değerlerini düşüren yüksek sıcaklık uygulaması, uzun süre uygulaması gibi durumlardan kaçınmayı sağlayarak, nihai ürünün kalite özelliklerinin optimum koşullarda korunmasını sağlayacak, fonksiyonel özelliklerinin ve besleyici değerinde kaybı önleyebilecektir.

Ayrıca yukarıda da değinildiği gibi tüketici algısının olumsuzdan olumluya dönmesinde yasal düzenlemelerin hayata geçirilmesi de önem taşımaktadır. Ancak bu noktada yasal düzenlemeleri olanaklı kılmak yeterli ve etkin bilimsel çalışmaların yapılması var olan sonuçların geliştirilmesi de kaçınılmaz bir gerçektir.

#### Kaynaklar

- Acar, J., (2011). Vurgulu Elektrik Alan (PEF) Teknolojisi Ders Notları. [www.latecotepe.edu.tr](http://www.latecotepe.edu.tr).
- Alkhatfiji, S. R., & Farid, M. (2007). An investigation on pulsed electric fields technology using new treatment chamber design. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8(2), 205-212.
- Alvarez, L., Raso, J., Palop, A., & Sala, F. I. (2000). Influence of different factors on the inactivation of *Salmonella* sensu lato by pulsed electric fields. *International Journal of Food Microbiology*, 55, 143-146.
- Barbosa-Cánovas, G. V., Pierson, M. D., Zhang, Q. H. and Schaffner, D.W. (2000) Pulsed electric fields: Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies: Special Supplement. *Journal of Food Science*, 65-79
- Barbosa-Cánovas, G. V., Gómez-Nieto, M.M., Potlakanur, U.R. and Swanson, B.G. (1999). Preservation of Foods with Pulsed Electric Fields. New York: Academic Press, pp. 1-9, 76-100, 104, 108-155.
- Barbos-Cánovas, G. V., Qin, B.L., Swanson, B.G. (1996). "Biological effects induced by pulsed electric fields of high intensity." In *Tecnologías avanzadas en esterilización y seguridad de alimentos y otros productos*, edited by Rodrigo, M., Martínez, A., Fiszman, S.M., Rodrigo, C., Mateu, A. pp. 151-165. Grafo Impresores, S.L., Spain.
- Barsetti, L., Mele, P. and Cheliff, J.C. (1999) Food processing by pulsed electric fields. I. Physical aspects. *Food Reviews International*, 15, 163-213
- Bilek, E.S., (2010). Vurgulu Elektrik Alan (PEF) Teknolojisi. *Akademik Gıda* 8 (3) 33-37.
- Calderón-Miranda, M. L., Barbosa-Cánovas, G. V. and Swanson, B. G. (1999). Transmission electron microscopy of *Listeria innocua* treated by pulsed electric fields and misin in skimmed milk. *International Journal of Food Microbiology*, 51, 31-39.



- Cebrián, G., Sagerzazu, N., Pagán, R., Condon, S., Mañas P., (2007). Heat and pulsed electric field resistance of pigmented and non-pigmented enterotoxigenic strains of *Staphylococcus aureus* in exponential and stationary phase of growth. *International Journal of Food Microbiology*, 118, 3, 304-311.
- Cortese, P., Dellacasa, G., Gemme, R., Bonetta, S., Bonetta, S., Carraro, E., Motta, F., Paganoni, M., Pizzichemi, M. (2011). A Pulsed Electric Field (PEF) bench static system to study bacteria inactivation. *Nuclear Physics B (Proc. Suppl.)* 215, 162-164.
- Craven, H. M., Swiergon, P., Ng, S., Midgeley, J., Versiege, C., Coventry, M. J., & Wan, J. (2008). Evaluation of pulsed electric field and minimal heat treatments for microbial inactivation of *Pseudomonas* and enhancement of milk shelf-life. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 211-216.
- Demirdöven, A., Baysal, T., (2008). Meyve ve sebze işleme sanayinde yeni uygulamalar. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*.
- Dovenspeck, H. (1960). Verfahren und Vorrichtung zur Gewinnung der einzelnen Phasen aus dispersen Systemen. *German Patent 1,237,541*.
- Elez-Martinez, P., Escobal-Hernandez, J., Soliva-Fortuny, R. C., & Martin-Belloso, O. (2005). Inactivation of *Lactobacillus brevis* in orange juice by high-intensity pulsed electric fields. *Food Microbiology*, 22(4), 311-319.
- Ewendlić, G. A., & Zhang, Q. H. (2005). Effects of pulse polarity and pulse delaying time on pulsed electric fields-induced pasteurization of *E. coli* O157:H7. *Journal of Food Engineering*, 68(2), 271-276.
- Fernandez-Diaz, M. D., Barsotti, L., Dumay, E., and Chefel, J. C. (2000). Effects of pulsed electric fields on ovalbumin solutions and dialyzed egg white. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 48, 2332-2339.
- Floury, J., Grosset, N., Leconte, N., Pasco, M., Madec, M. N., & Jeanet, R. (2006). Continuous raw skim milk processing by pulsed electric field at non-lethal temperature: effect on microbial inactivation and functional properties. *Lait*, 86(1), 43-57.
- Floury, J., Grosset, N., Lesne, E., & Jeanet, R. (2006). Continuous processing of skim milk by a combination of pulsed electric fields and conventional heat treatments: does a synergistic effect on microbial inactivation exist? *Lait*, 86(3), 203-211.
- García, D., Gomez, N., Manas, P., Condon, S., Raso, J., & Pagan, R. (2005). Occurrence of sublethal injury after pulsed electric fields depending on the micro-organism, the treatment medium pH and the intensity of the treatment investigated. *Journal of Applied Microbiology*, 99(1), 94-104.
- García, D., Gomez, N., Raso, J., & Pagan, R. (2005). Bacterial resistance after pulsed electric fields depending on the treatment medium pH. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6(4), 388-395.
- García, D., Mounir, H., Manas, P., Condon, S., & Pagan, R. (2005). Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 during the storage under refrigeration of apple juice treated by pulsed electric fields. *Journal of Food Safety*, 25(1), 30-42.
- Giner, J. (2000). Inhibition of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) pectin methyltransferase by pulsed electric fields. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 1, 57-67.
- Giner, J., Raurer-Arino, A., Barbosa-Cano, G. V., Martín-Belloso, O. (1997). Inactivation of polyphenoloxidase by pulsed electric fields. In *Proceedings IFT Annual Meeting*, p. 19. Orlando, USA.
- Gomez, N., García, D., Alvarez, I., Condon, S., & Raso, J. (2005). Modeling inactivation of *Listeria monocytogenes* by pulsed electric fields in media of different pH. *International Journal of Food Microbiology*, 103(2), 199-206.

- Grahl, T., Markl, H. (1996). Killing of microorganisms by pulsed electric fields. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 45: 148-157.
- Hamilton, W. A. and Sale, A. J. H. (1967). Effects of high electric fields on microorganisms II. Mechanism of action of the lethal effect. *Biochimica Biophysica Acta* 148, 789-800
- Heinz, V., Alvarez, I., Angersbach, A. and Knorr, D. (2002) Preservation of liquid foods by high intensity pulsed electric field-based concepts for process design. *Trends in Food Science and Technology*, 12, 103-111
- Ho, S. Y., Mittal, G. S., Cross, J. D. (1997). Effects of high electric pulses on the activity of selected enzymes. *Journal of Food Engineering*, 3, 1:69-84.
- Hui, Y. H., (2006). *Handbook of Fruits and Fruit Processing*. Australia.
- Janositz, A., Semrau, J., Knorr, D. (2011). Impact of PEF treatment on quality parameters of white asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 12, 269-274.
- Jayaram, S., Castle, G. S., & Margaritis, A. (1993). The effects of high field DC pulse and liquid medium conductivity on survivability of *Lactobacillus brevis*. *Applied and Microbiology Biotechnology*, 40, 117-122.
- Jin, Z. T., Qiu, X. and Zhang, Q. H. (1998). Application of high speed microscopy imaging technology in evaluation of inactivation of microorganisms by pulsed electric fields. *Institute of Food Technologies, Annual Meeting, Paper 59C-16*
- Kim, H., Ye, J. and Li, Y. (2001). Inactivation of *Listeria monocytogenes* in chilling brine using a flow through electrochemical treatment. *Institute of Food Technologists, Annual Meeting, Paper 59H-22*.
- Korolozuk, J., Mckeng, J. R., Carballera Fernandez, J., Barton, F., Grosset, N., & Jeanet, R. (2006). Effect of pulsed electric field processing parameters on *Salmonella* Enteritidis inactivation. *Journal of Food Engineering*, 75(1), 11-20.
- Li, Y. Q. (2012). Structure Changes of Soybean Protein Isolates by Pulsed Electric Fields. 2012 International Conference on Medical Physics and Biomedical Engineering. *Physics Procedia* 33, 132 – 137.
- Lin, S., Wang, L., Jones, G., Trang, H., Yin, Y., Liu, J. (2012). Optimized extraction of calcium malate from eggshell treated by PEF and an absorption assessment in vitro. *International Journal of Biological Macromolecules* 50, 1327-1333
- Liu, D., Lebovka, N. I., Vorobiev, E. (2011). Impact of Electric Pulse Treatment on Selective Extraction of Intracellular Compounds from Saccharomyces cerevisiae Yeasts. *Food Bioprocess Technol*, DOI 10.1007/s11947-011-0703-7.
- Loey, A. V., (2002). Effects of high electric field pulses on enzymes. *Trends in Food Science & Technology* 12 94-102.
- Márquez, V. O., Mittal, G. S. and Griffiths, M. W. (1997). Destruction and inhibition of bacterial spores by high voltage pulsed electric fields. *Journal of Food Science*, 62, 399-409.
- Mosqueda-Melgar, J., Raybaudi-Massilia, R. M., & Martín-Belloso, O. (2007). Influence of treatment time and pulse frequency on *Salmonella* Enteritidis, *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* populations inoculated in melon and watermelon juices treated by pulsed electric fields. *International Journal of Food Microbiology*, 117(2), 192-200.
- Pothakamary, U. R., Barbosa-Cano, G. V., Swanson, B. G. and Spence, K. D. (1997). Ultrastructural changes in *Staphylococcus aureus* treated with pulsed electric fields. *Food Science and Technology International*, 3, 113-121.

- Puertolas, E., Saldana, G., Alvarez, I., Raso, J. (2011). Experimental design approach for the evaluation of anthocyanin content of rose wines obtained by pulsed electric fields. Influence of temperature and time of maceration. *Food Chemistry* 126, 1482-1487.
- Ramaswamy, R., Jin, T., Balasubramanian, V.M., Zhang, H. (2012). Pulsed Electric Field Processing. Fact Sheet for Food Processors. <http://ohioinline.osu.edu/ise-fact/pdf/0002.pdf> (last visit date: 06/09/2012).
- Rivas, A., Sampedro, F., Rodrigo, D., Martinez, A., & Rodrigo, M. (2006). Nature of the inactivation of *Escherichia coli* suspended in an orange juice and milk beverage. *European Food Research and Technology*, 223(4), 541-545.
- Rodriguez-Calleja, J.M., Cebrian, G., Condon, S., & Manas, P. (2006). Variation in resistance of natural isolates of *Staphylococcus aureus* to heat, pulsed electric field and ultrasound under pressure. *Journal of Applied Microbiology*, 100(5), 1054-1062.
- Sale, A.J.H. and Hamilton, W.A. (1967). Effects of high electric fields on microorganisms: I. Killing of bacteria and yeast. *Biochimica Biophysica Acta* 148, 781-788
- Sampedro, F., Rivas, A., Rodrigo, D., Martinez, A., & Rodrigo, M. (2006). Effect of temperature and substrate on PEF inactivation of *Lactobacillus plantarum* in an orange juice-milk beverage. *European Food Research and Technology*, 223(1), 30-34.
- San Martin, M. F., Sepulveda, D. R., Alunakar, B., Gongora-Nieto, M. M., Swanson, B. G., & Barbosa-Canovas, G. V. (2007). Evaluation of selected mathematical models to predict the inactivation of *Listeria innocua* by pulsed electric fields. *LWT - Food Science and Technology*, 40(7), 1271-1279.
- Secheol, M. (2007). Pulsed Electric Fields Processing System. *Microbial and Enzyme Inhibition, and Shelf Life Extension of Foods*. *Lee transactions on plasma science*, vol. 35, no. 1.
- Selma, M. V., Salmeron, M. C., Valero, M., & Fernandez, P. S. (2006). Efficacy of pulsed electric fields for *Listeria monocytogenes* inactivation and control in horchata. *Journal of Food Safety*, 26(2), 137-149.
- Sepulveda, D. R., Guerrero, J. A., & Barbosa-Canovas, G. V. (2006). Influence of electric current density on the bactericidal effectiveness of pulsed electric field treatments. *Journal of Food Engineering*, 76(4), 656-663.
- Shamsi, K., Versteeg, C., Sertkal, F., & Wan, J. (2008). Alkaline phosphatase and microbial inactivation by pulsed electric field in bovine milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 217-233.
- Tsong, T.Y. (1990). Electrical modulation of membrane proteins: enforced conformational oscillations and biological energy and signal transductions. *Annual Review of Biophysics and Chemistry* 19, 83-106.
- Van Loey, A., Verachter, B., Hendrickx, M. (2002). Effect of high electric field pulses on enzymes. *Trends in Food Science and Technology*, 12:94-102.
- Vega-Mercado, H., Powers, J.R., Barbosa-Canovas, G.V., and Swanson, B.G. (1995). Plasmin inactivation with pulsed electric fields. *Journal of Food Science*, 60, 1132-1136.
- Vega-Mercado, H., Polhakamury, U. R., Chang, F.-J., Barbosa-Canovas, G. V., & Swanson, B.G. (1996). Inactivation of *Escherichia coli* by combining pH/ionic strength and pulsed electric fields hurdles. *Food Research International*, 29, 117-121.
- Wan, J., Coventry, J., Swiergon, P., Sangunsi, P., Versteeg, C. (2009). Advances in innovative processing technologies for microbial inactivation and enhancement of food safety - pulsed electric field and low-temperature plasma. *Trends in Food Science & Technology* 20 414-424
- Wouters, P. C., Dureux, N., Smelt, J. P. M., & Lelieveld, H. L. M. (1999). Effects of pulsed electric fields on inactivation kinetics of *Listeria innocua*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 65, 5364-5371.
- Yeom, H.W., Zhang, Q.H., Dunne, C.P. (1999). Inactivation of papain by pulsed electric fields in a continuous system. *Food Chemistry*, 67:53-59.
- Zhong, K., Chen, F., Wang, Z. F., Wu, J. H., Liao, X. J., & Hu, X. S. (2005). Inactivation and kinetic model for the *Escherichia coli* treated by a co-axial pulsed electric field. *European Food Research and Technology*, 221(6), 752-758.
- Zhong, K., Chen, F., Wu, J. H., Wang, Z. F., Liao, X. J., Hu, X. S., & Zhang, Z. H. (2005). Kinetics of inactivation of *Escherichia coli* in carrot juice by pulsed electric field. *Journal of Food Process Engineering*, 28(6), 595-609.
- Zimmermann, U. (1986). Electrical breakdown, electroporation and electrofusion. *Reviews on Physiological Biochemical Pharmacology*, 105, 175-256.