



MEYVE VE SEBZE SUYU ÜRETİMİNDE FARKLI MEF (ILIMLI ELEKTRİK ALAN) UYGULAMA SİSTEMLERİNİN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Taner Baysal, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü-İZMİR

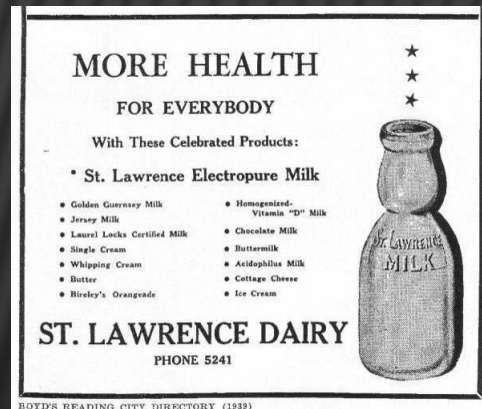
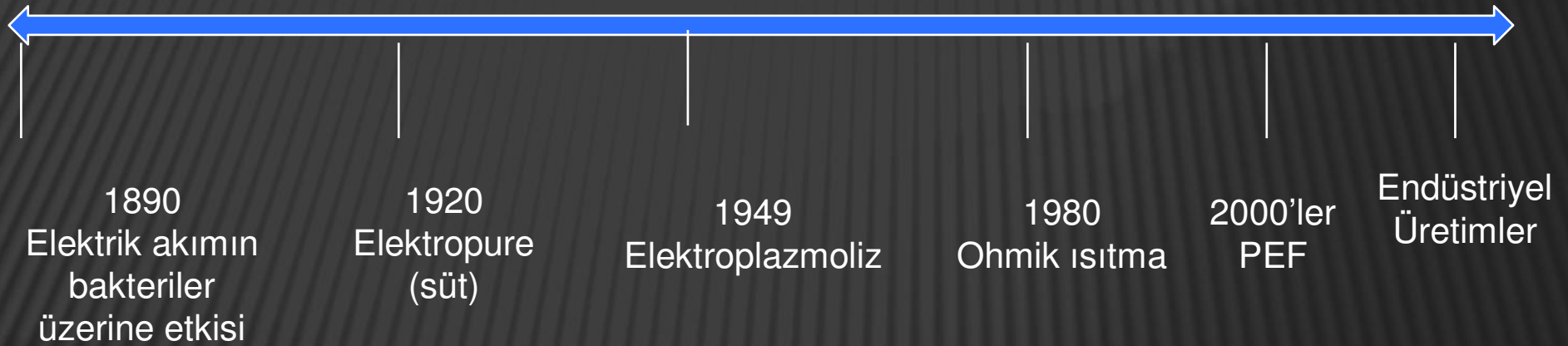
Filiz İçier, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü-İZMİR

Hasan Yıldız, Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü-MANİSA

Ahsen Rayman, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü-İZMİR

Ashhan Demirdöven, Gaziosmanpaşa Üni., Mühendislik ve Doğa Bil. Fak. Gıda Müh. Bölümü-TOKAT

GIDALARDA ELEKTRİKSEL İŞLEM UYGULAMALARI



“Elektropure” adı altında satılan sütlere ait 1939 yılında kullanılan tanıtım afişi

GÜNCEL ELEKTRİKSEL YÖNTEMLER

- Ohmic ısıtma
- Elektro- yöntemler
- Yüksek voltaj ark deşarjı
- Vurgulu elektrik alan
- Salınımlı manyetik alan
- İndüktif ısıtma
- Dielektrik ısıtma (radyo frekans, mikrodalga)
- İnfrared ısıtma
- UV radyasyonu
- Puls ışık
- Puls X-ışın

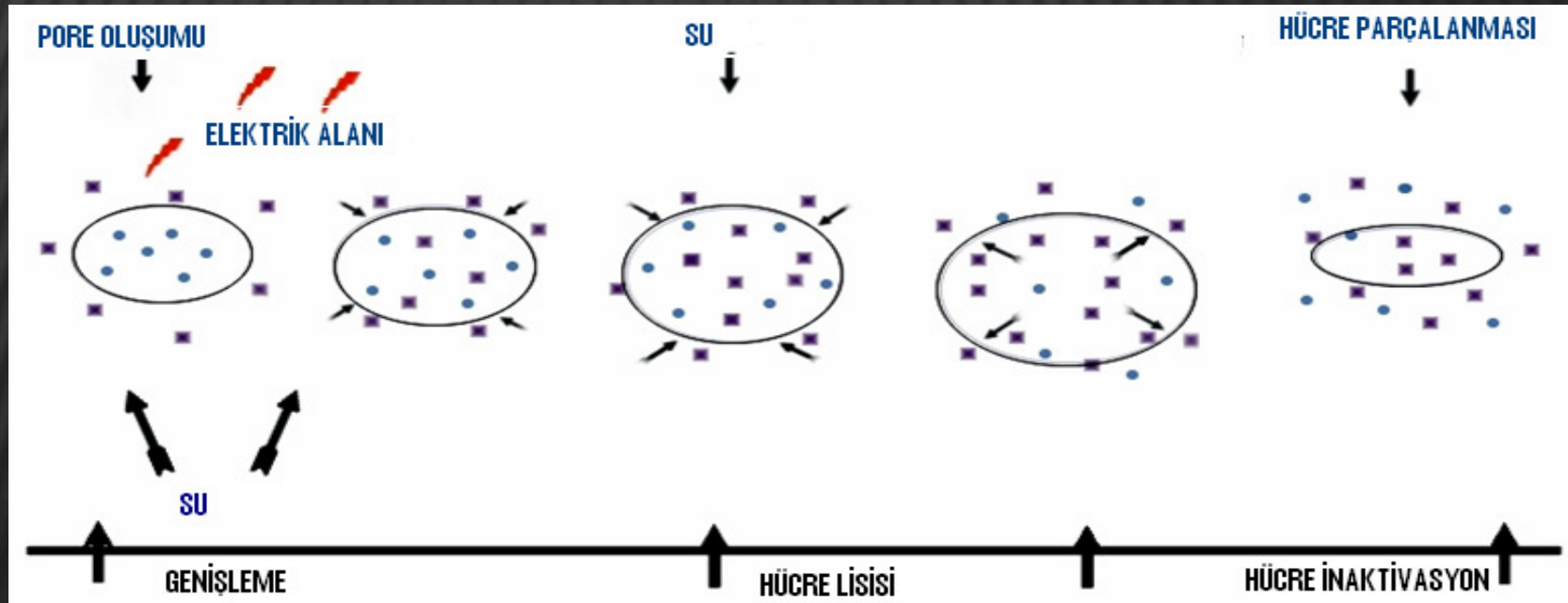


GIDA SANAYİNDE ELEKTRİKSEL YÖNTEMLER

- Isıtma , mikrobiyal inaktivasyon vb. özel amaçlarla kullanılabilir.
- Daha kısa sürede, daha verimli enerji kullanımı ile istenilen amaca ulaşılabilir.
- Çoğu gıdanın kalitesinde olumsuz etkilere sebep olmaz.
- Bir çok güncel yöntem , alternatif yöntem olarak düşünülebilir.
- Güvenilir gıda üretiminde minimum işlem olarak düşünülebilir.
- Çoğunun mekanizması tespit edilememiştir. Araştırma safhasındadır.
- Genel olarak daha fazla proses kontrol, otomasyon ve güvenlik önlemleri gerektirirler.
- Kinetik modellerin çıkartılması ve teorik açıklamaların yapılması önemlidir.

ETKİ MEKANİZMASI

- × Elektrik enerjisinin etkisiyle canlı dokularında gerçekleşen parçalanmanın nedeninin **elektroporasyon** olduğu ifade edilmektedir.
- × Biyolojik hücrelerin elektrik enerjisiyle parçalanmasına ait temel kuralların dile getirilmesinden sonra dielektrik parçalanma teorisi Zimmermann ve ark. (1974) ile Neumann ve Rosenheck (1972) tarafından ilk kez kullanılmıştır.
- × Fakat bugüne kadar bu mekanizmayı hücresel boyutta açıklayan gerçek bir kanıt bulunamamıştır (Töpfl, 2006).

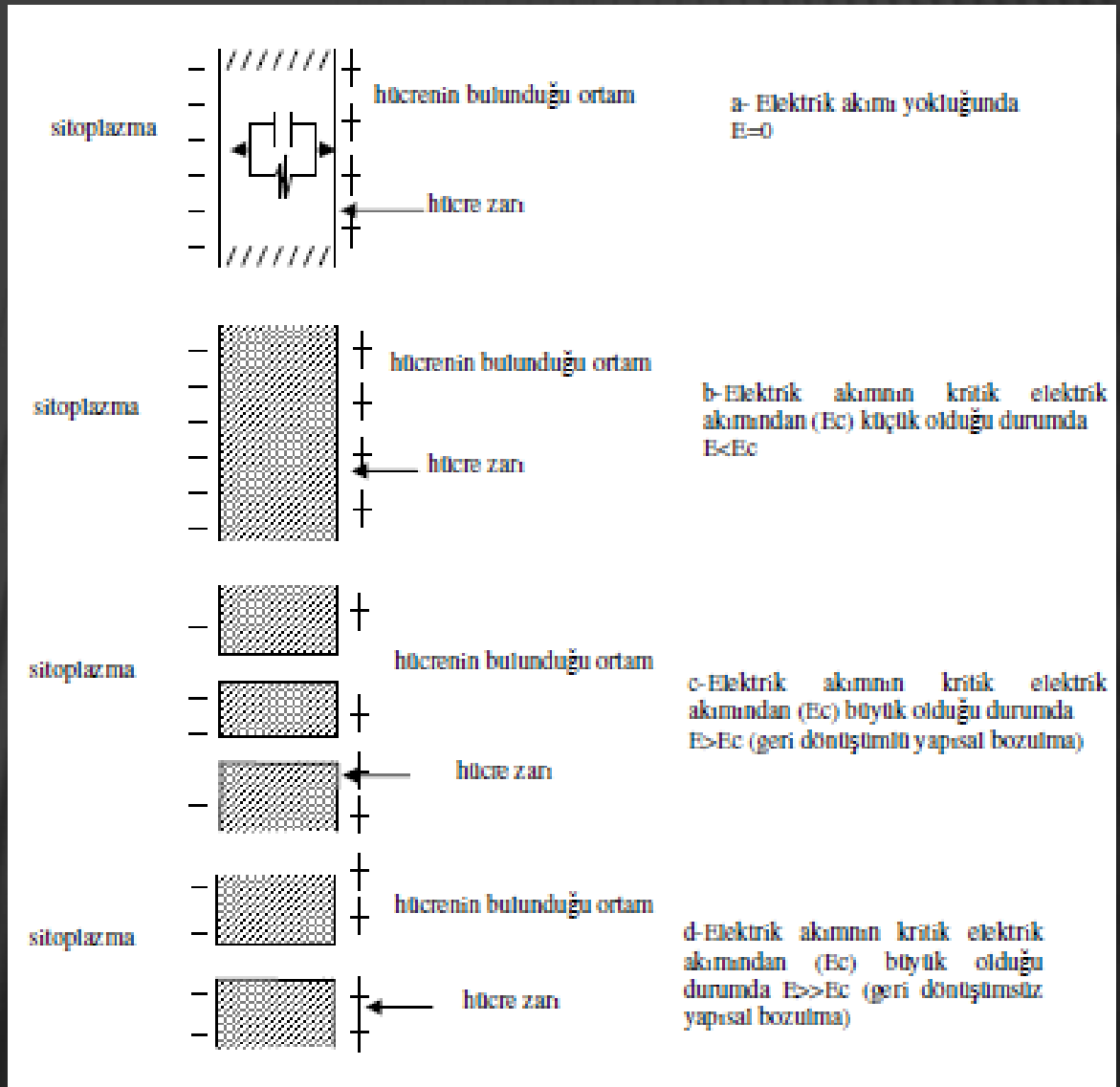


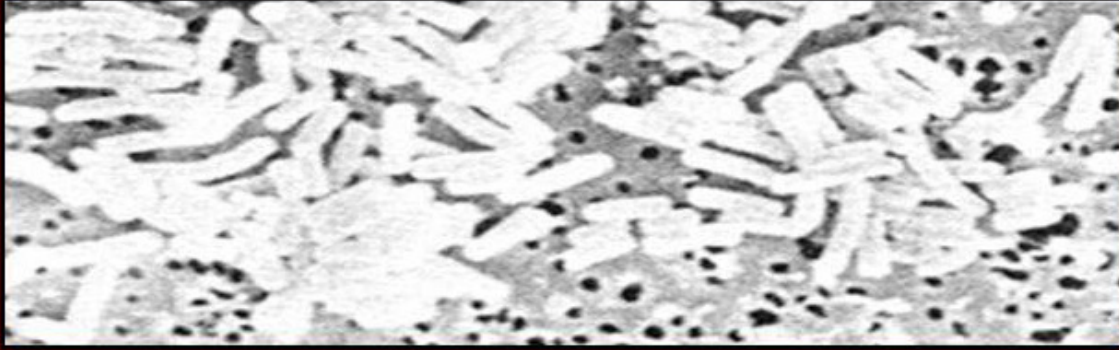
Elektroporasyon aşağıda belirtilen değerler baz alınarak açıklanabilir.

- ✖ Transmembran potansiyelinin artması,
- ✖ Yapısal zararların arttırılması,
- ✖ Zarın vizkoelastik özelliklerinin değişmesi,
- ✖ Yağ yada protein moleküllerinde şekilsel değişiklikler.

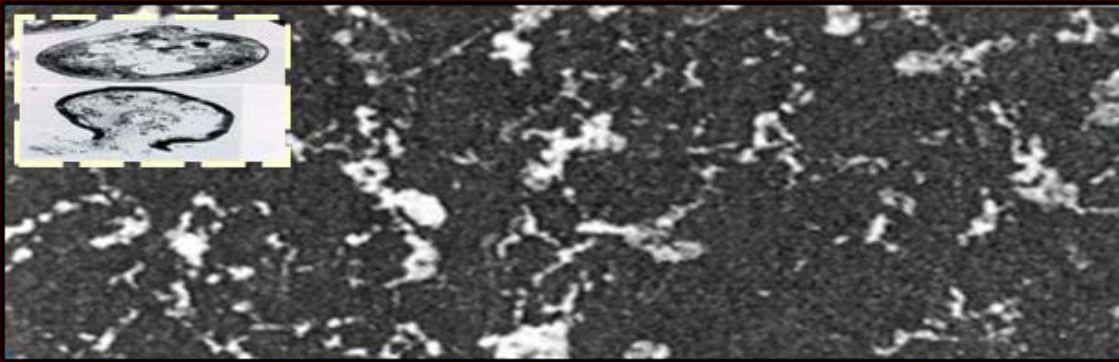
ELEKTROPORASYON AŞAMALARI

- × Gözenek oluşumu
- × Gözeneklerde genişleme
- × Elektrik akım uygulamasından sonra büzülme ve açılma

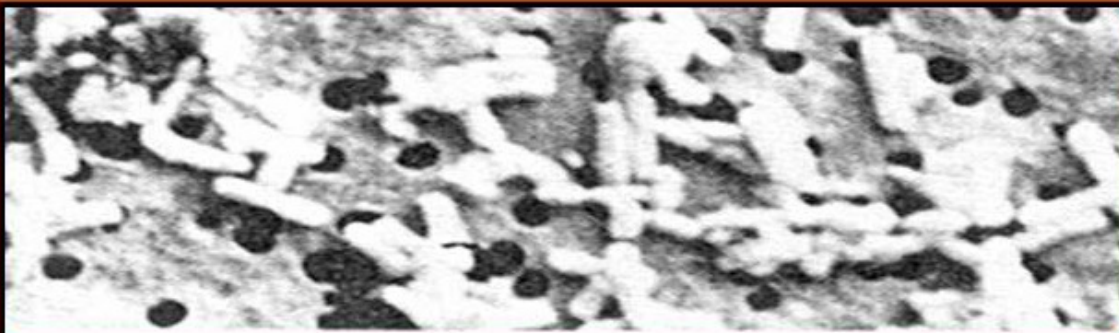




× İşlem öncesi



× Elektriksel
işlem sonrası



× Geleneksel
Sterilizasyon
sonrası

ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARI BULUNAN ELEKTRİKSEL YÖNTEMLER

ALTERNATİF SİSTEMLER İÇİN KRİTERLER

- × Ticari olabilmesi ve uygulanabilirliği
- × Ekonomik olması
- × Geçerlilik süresi

OHMİK ISITMA

Elektriksel dirençlik özelliği gösteren bir gıda maddesinden elektriksel akımın geçirilmesine dayanan ısıtma yöntemidir.

- Sıcaklığı kısa sürede artırabilme ve daha az işleme süresi sonucunda daha yüksek kalitede ürün elde edilir (tat, koku ve besin değeri korunur, hatta bazı ürünlerde artış bile gözlenebilir).
- Yüksek sıcaklıklarda istenmeyen lezzetin oluşması da engellenmiş olur.
- Katı ve sıvı karışımı olan tüm gıda karışımlarına uygulanabilir. Fazlar arasında aşırı ısınmadan kaynaklanan kalite farklılıklarını önler.
- Yüksek asitli meyve ve sebze ürünlerinin pastörizasyonu, konservecilikte ön-ısıtma işlemi olarak, tüketime hazır gıdaların hijyenik üretimi, düşük asitli makarna, et ve sebze yemeklerinin üretimi, özellikle parçacık içeren ya da yüksek viskoziteli gıda karışımlarının aseptik işlenmesine imkan tanır.

MEVCUT OHMİK ISITMA SİSTEMLERİ;

× Endüstriyel:

300 kW sistemler

İngiltere	3000 kg/saat	Düşük asitli gıdalar
ABD	3000 kg/saat	Düşük asitli gıdalar
Japonya	3000 kg/saat	Düşük asitli gıdalar

75 kW sistemler

İngiltere	750 kg/saat	Düşük asitli et ve sebze yemekleri
Japonya	750 kg/saat	Yüksek asitli gıdalar
İtalya	750 kg/saat	Meyve, et ve sebze formülasyonları
Japonya	750 kg/saat	Karışık gıdalar

× Pilot Tesis

ABD (2 adet), Fransa (2 adet), İtalya, Japonya, İngiltere (2 adet), Japonya (2 adet)



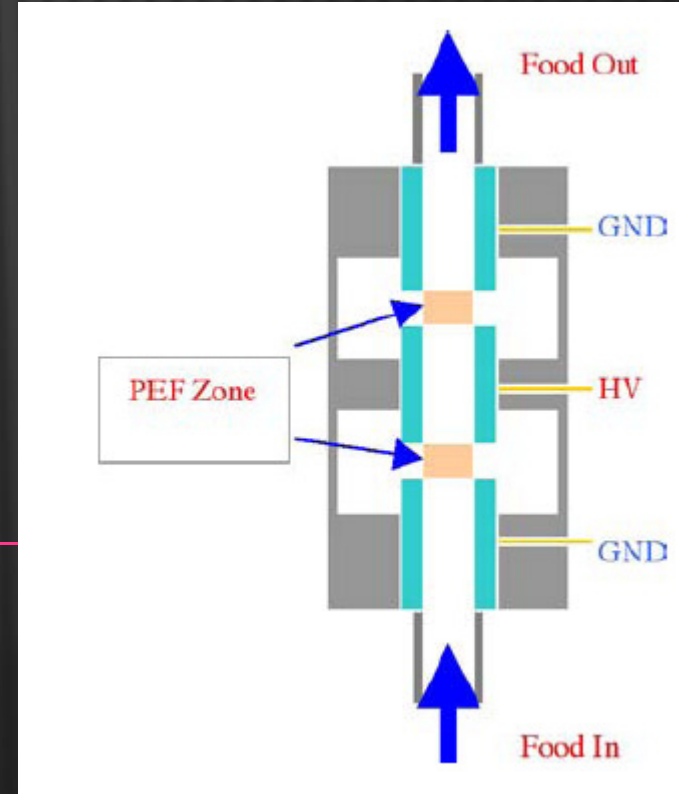
VURGULU ELEKTRİK ALAN

PEF ; Isıl olmayan gıda muhafaza tekniğidir.

50-1000 HZ, 20000-80000 V/cm, 4-20 μ s puls süresi, 0.996 ara bekleme süresi, toplam işlem süresi <1 s, elektriksel alan .

amaç: mikrobiyal inaktivasyon, ekstraksiyon verimliliği

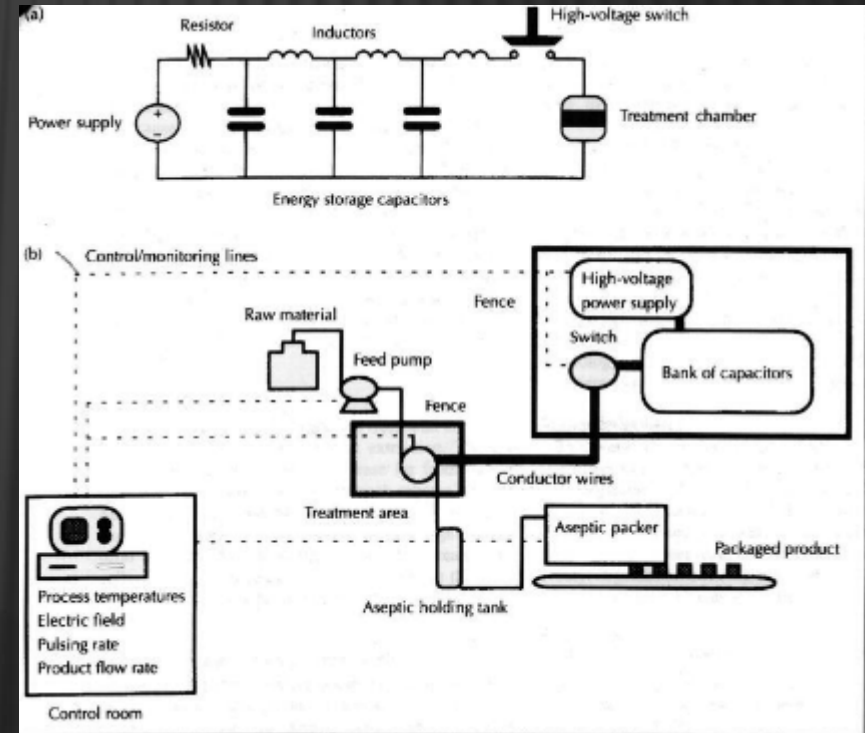
- Oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda yapılır, sıcaklık yükselmesi gözlenmez.
- Düşük enerji kullanımı vardır.
- Mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonu mümkündür. Sporlara olan etkisi henüz kesinlik kazanmamıştır.
- Ürün kalitesi ve besin değeri üzerine olumlu etkileri vardır.
- İletken maddelerle çalışma zorluğu ve üretim ortamında güvenlik önlemleri alma zorunluluğu vardır (elektriksel sızdırmazlık sağlanmalıdır).



PEF teknolojisinde sorun teşkil eden noktalar;

- Yüksek elektriksel alan şiddeti oluşumu
- Gıdaların sıcaklığında minimum artışa sebep olacak, homojen uygulamaya elverişli ortamın tasarımı
- Elektroliz etkisini minimize edecek elektrotların tasarımı
- gözenekliliği olan ve yüksek elektriksel iletkenliğe sahip gıdalara uygulanma zorluğu
- Ölçüm yöntemlerinin eksikliği

Yüksek alan şiddeti; DC güç kaynağından gelen enerjinin kapasitör ve/veya serisinde depolanarak ardından yüksek voltaj pulsları halinde verilmesi ile sağlanır.



PEF uygulamalarından örnekler;

➤ 3 ticari sistem mevcuttur;

1. Purepulse Teknoloji, Inc., A.B.D.:

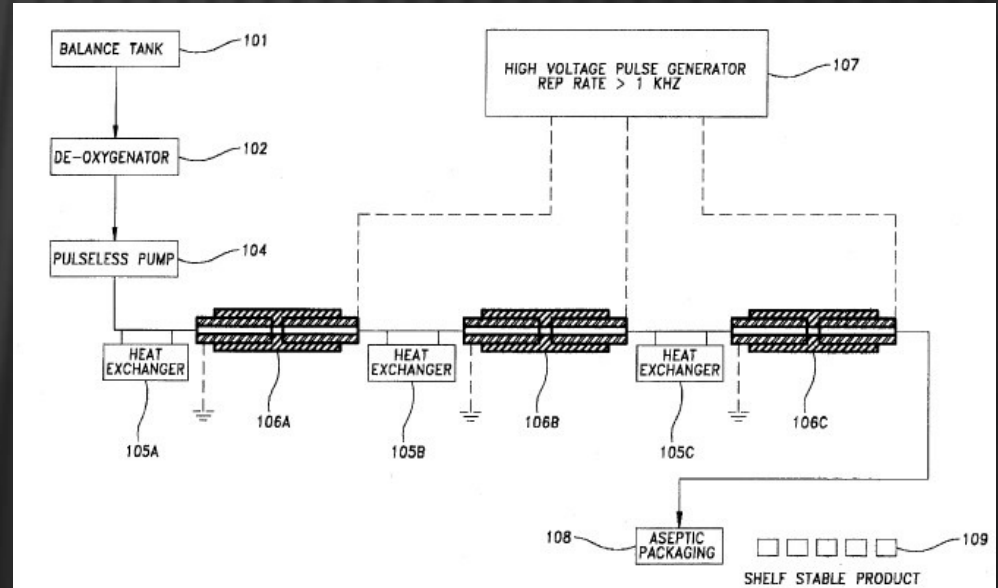
Süt ürünleri, meyve suları, sıvı yumurta pastörizasyonu, 12-25 kV/cm, 1-100 μ s, 10-50 puls

2. Thompson-CSF,

3. Krupp Maschinentechnik GmbH, Almanya :

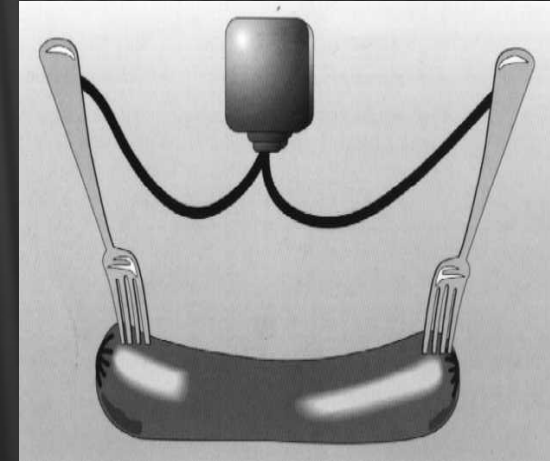
Elsteril sistemi: Sıvı gıdaların pastörizasyonu ve sterilizasyonu, portakal suyu için (*S.cerevisia*), 6.7 kV/cm, 20 μ s, 5 puls
süt için (*L.brevis*), 22 kV/cm, 20 μ s, 20 puls

Elcrack sistemi; yağ ekstraksiyonu (balık yağı verimi)



MEF-İlimli Elektrik Alan

- × Elektrik devresinin gıda tarafından tamamlanması sonucu gıda içerisinde elektrik akımının geçmesi prensibine dayanmaktadır.
- × 100 V/cm'nin altındaki voltaj gradyenlerinde uygulanır.
- × Hücre duvarını parçalamayı amaçlayan bir işlemdir.
- × Plazmik zarın sağlamlığı meyve suyu üretimi gibi teknolojilerde verimi etkilemektedir.



MEF İŞLEMİNDE ETKİLİ FAKTÖRLER

- × elektrik alan şiddeti
- × frekans
- × işlem süresi
- × ürünün elektriksel özellikleri
- × işlem sıcaklığı
- × parçacık büyüklüğü

$$E = U/d$$

E= elektriksel alan şiddeti
(V/cm)

U= elektriksel gerilim

d= elektrotlar arası mesafe

MEF EKİPMANLARI

- ❖ Kutulu
- ❖ Valsli
- ❖ İğneli
- ❖ Borulu
- ❖ Helezonlu
- ❖ Paketli



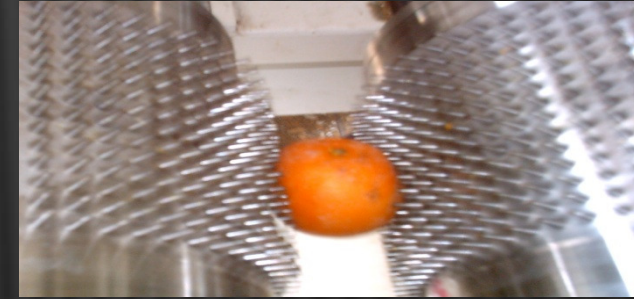
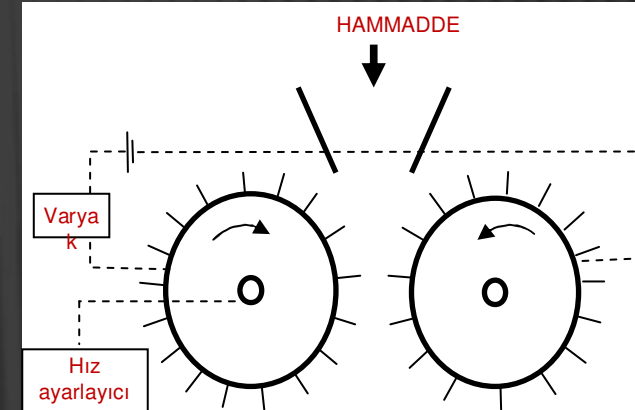
VALSLİ MEF EKİPMANI (Baysal, İçier, Yıldız ve Demirdöven, 2007)

VALSLİ MEF EKİPMANI

(BAYSAL, İÇİER, YILDIZ VE DEMİRDÖVEN, 2007)

- × Ekipman üzerinde paslanmaz çelik iğneler bulunan iki adet silindir,
- × Sisteme farklı voltajlarda (0-380 volt) elektrik akımı verebilen izole trafo destekli varyak
- × Silindirlerin dönüş hızının ayarlanmasını sağlayacak kontrol sistemi
- × Elektrik güvenlik donanımından oluşmaktadır.
- × Beslemenin sabit debide yapılmasını ve örneklerin silindirler arasından geçerken iğnelerle temas halinde olmasını sağlayabilecek besleme ünitesi mevcuttur. A
- × Ayrıca farklı boyutlardaki meyvelerin işlenebilmesi için silindirler arası mesafe ayarlanabilir durumdadır.

En önemli avantajı endüstriyel hatlara kolay adapte edilebilmesidir.



GÜNCEL MEF UYGULAMALARI (2008-2011)

MATERYAL

- × portakal (Valencia),
- × havuç (Nantes),
- × nar (Kemer-Hicaznar)
- × elma (Granny Smith)
- × domates (Rio grande)

Valsli



- × üzüm (Foça Karası)
- × kivi (Hayward)
- × vişne (Kütahya)

Kutulu



YÖNTEM

- ✖ Materyaller kendilerine özgü işleme yöntemine uygun şekilde meyve suyuna işlenmiştir.
- ✖ Uygun MEF koşulları cevap yüzey yöntemi (nar ve kivi hariç) kullanılarak belirlenmiştir.
- ✖ Fonksiyonel özellikleri dikkate alınarak belirlenen analizler gerçekleştirilmiştir.

MEF UYGULAMA KOŞULLARI

Materyal	Uygulama Koşulları	Proje Ekibi
Portakal	27 V/cm–10 s	Demirdöven ve Baysal; 2009
Havuç	22 V/cm–60 s	Baysal, Rayman, Demirdöven; 2010
Elma	35 V/cm–25 s	Baysal ve Rayman, 2010
Domates	10 V/cm- 9.49 s	Baysal, İçier, Rayman, 2011
Nar	60 V/cm-15 s	Baysal, Demirdöven, İçier ve Yıldız; 2008
Üzüm	75 V/cm, 70 °C	Baysal, Demirdöven, Rayman, 2011
Kivi	75 V/cm, 60 °C	Baysal ve Demirdöven; 2008
Vişne	75 V/cm, 65 °C	Baysal, Demirdöven, İçier ve Yıldız; 2008

SONUÇLAR

VERİM ÜZERİNE ETKİLERİ

Materyal	Verim artışı (%) (Kontrol grubuna kıyasla)	Verim artışı (%) (Mayşe ısıtma grubuna kıyasla)
Portakal	8.74	-----
Havuç	5.5	-----
Elma	2.57	-----
Domates	3.0	-----
Nar	7.0	-----
Üzüm	10.11	4.67
Kivi	7.48	Yok
Vişne	9.19	4.49

C VİTAMİNİ (mg/100ml) İÇERİĞİNE ETKİSİ

Meyve suyu	Kontrol	MEF
Portakal	66.18±1.36	69.12±0.78
Nar	5.31±0.23	7.23±0.63
Kivi	33.61±1.12	33.40±1.035
Vişne	2.33±0.31	0.71±0.11

✖ Sıcaklıkla kombine edilen uygulamalarda C vit kayıpları

PEKTİN (GA-AH, mg/lt) İÇERİĞİNE ETKİSİ

Meyve-sebze suyu	Kontrol	MEF	Pektin içeriğindeki artış (%)
Portakal	914±1.17	1082±2.06	18.4
Havuç	316.00±4.02	341.42±3.14	7.73
Domates	154,83±8.09	204,00±10.6	32.42

ANTOSİYANİN (mg/100 ml) İÇERİĞİNE ETKİSİ

Meyve-sebze suyu	Kontrol	MEF
Kara Havuç	11.64±0.36	14.47±0.81
Nar	9.97±0.74	83.12±0.23
Kara Üzüm	7.68±1.12	13.01±1.035
Vişne	82.70±1.2	109.25±0.7

- × Nar'da antosiyanin artışı daha düşük voltaj gradyenlerinde (10 V/cm MEF uygulamasında 100.18±1.23 mg/100 ml) saptanmıştır.

TOPLAM FENOLİK MADDE (mg/L) İÇERİĞİNE ETKİSİ

Meyve-sebze suyu	Kontrol	MEF
Portakal	374.5±11.3	426.7±5.1
Kara Havuç	766.1±2.78	796.51±1.34
Elma	303.61±1.36	312.41±2.99
Nar	775.04±2	843.65±0.9
Üzüm	3671±0.08	4760±0.05
Kivi	3671±0.08	4760±0.05
Vişne	756.35±1.8	802.99±1.9

ANTİOKSİDAN KAPASİTE (TEAC MM TROLOX/ML)

Meyve-sebze suyu	Kontrol	MEF
Kara Havuç	24.01±0.22	62.71±0.34
Elma	19.28±0.18	27.10±0.27
Nar	24.74±0.02	28.20±0.13
Vişne	41.64±0.89	48.32±0.36

SONUÇ

- ✗ Verim artışı % 2.5- 10.11
- ✗ Hücre geçirgenliğini arttırarak posada kalan fonksiyonel madde geçişi
- ✗ Elektroporasyon sonucunda verim ve fonksiyonel özelliklerde artış
- ✗ Her meyve ya da sebze için uygun MEF ekipmanı tasarımı zorunluluğu
- ✗ Her meyve ya da sebze için işlem koşullarının optimize edilmesi zorunluluğu
- ✗ Valsli tip MEF ekipmanının endüstriyel ölçekte üretim koşullarına kolay adapte edilen bir ekipman olması
- ✗ Sonuçların endüstriyel ölçekteki üretimlerle desteklenmesi



- × Ege Üniversitesi, BAP Koordinatörlüğü-İzmir
- × Ege Üniversitesi, EBİLTEM-İzmir
- × Gaziosmanpaşa Üniversitesi, BAP Koordinatörlüğü-Tokat
- × Çermak Makine-Manisa
- × Meyve Suyu Endüstrisi Derneği-İstanbul
- × Zumdieck Konserve ve Dondurulmuş Gıda-Salihli/Manisa
- × OrNa Tarım-İzmir

TEŞEKKÜRLER