



T.C
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ATIMLI ELEKTRİK AKIMI UYGULAMASININ FONSIYONEL
AMAÇLI HAZIRLANAN HAVUÇ İÇECEĞİNİN FİZİKSEL,
KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİSİ

EBRU AKIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
TEMMUZ-2007

T.C.

Mustafa Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Doç. Dr. Gülsün AKDEMİR EVRENDİLEK danışmanlığında, EBRU AKIN tarafından hazırlanan bu çalışma 29/06/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Gülsün Akdemir Evrendilek İmza.....
Üye : Prof. Dr. Fahrettin Göğüş İmza.....
Üye : Yrd. Doç. Dr. Yahya Kemal Avşar İmza.....

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Kod No:

İmza

...../...../.....

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Necat AĞCA

Bu çalışma M.K.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca desteklenmiştir.

Proje No: 06 M 1503

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
ÖNSÖZ.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Fonksiyonel Gıdalar.....	1
1.2. Meyve Suyu.....	4
1.3. Atımlı Elektrik Akımı.....	5
1.3.1. Mikroorganizmaların İnaktivasyonu.....	6
1.3.1.1. PEF Prosesine Bağlı Faktörler.....	6
1.3.1.2. Gıdaya Bağlı Faktörler.....	7
1.3.1.3. Mikroorganizmaya Bağlı Faktörler.....	7
1.3.2. Laboratuvar Ölçekli PEF Sistemleri.....	8
1.3.2.1. Elektrik Akım Jeneratörü.....	8
1.3.2.2. Yüksek Akım İşlem Odacıkları.....	8
1.3.2.2.1. Statik Odalar.....	9
1.3.2.2.2. Sürekli Akış Sağlayan Odalar.....	9
1.3.2.3. Sıvı Gıdanın PEF Sisteminde Taşınımını Sağlayan Sıvı Taşıma Sistemi.....	10
1.3.3. PEF Proses Parametreleri.....	10
1.3.4. Elektrik Akımının Mikrobiyal İnaktivasyon Üzerine Etkisi.....	12
1.4. Atımlı Elektrik Akımı Prosesinde Önemli Faktörler.....	14
1. 4.1. Proses Faktörleri.....	14
1.4.1.1. Elektrik Alan Şiddeti.....	14
1.4.1.2. Dalga Şekli.....	14
1.4.1.3. Uygulama Zamanı.....	14

	Sayfa
1.4.1.4. Uygulama Sıcaklığı.....	15
1.4.2. Ortamın Özellikleri.....	15
1.4.2.1. İletkenlik.....	15
1.4.2.2. İyonik Direnç ve pH.....	15
1.4.2.3. Vizkozite.....	16
1.4.3. Mikrobiyal Faktörler.....	16
1.4.3.1. Mikroorganizmanın Tipi.....	16
1.4.3.2. Mikroorganizmanın Yoğunluğu ve Büyüme Dönemi.....	16
1.5. Mikroorganizmaların İnaktivasyonu.....	17
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	19
3. MATERYAL ve METOD.....	23
3.1. Materyal.....	23
3.1.2. <i>Escherichia coli</i> O157:H7 Kültürü.....	23
3.1.3. Atımlı Elektrik Akım (PEF) Jeneratörü.....	23
3.2. Metot.....	25
3.2.1. Fonksiyonel Havuç İçeceğinin Hazırlanması.....	25
3.2.2. Atımlı Elektrik Akımı ile Fonksiyonel Havuç İçeceğinin Prosesi.....	26
3.2.3. Fiziksel ve Kimyasal Analizler.....	26
3.2.3.1. Asitlik.....	26
3.2.3.2. Titrasyon Asitliği.....	26
3.2.3.3. °Briks.....	27
3.2.3.4. Kondaktivite Ölçümü.....	27
3.2.3.5. Renk Ölçümü.....	27
3.2.3.6. Esmerleşme İndeksi.....	27
3.2.3.7. Kuru Madde Tayini.....	28
3.2.3.8. Ham Kül Tayini.....	28
3.2.3.9. Ham Protein Tayini.....	29
3.2.3.10. Ham Yağ Tayini.....	29
3.2.3.11. Metal İyon Konsantrasyonu.....	30
3.2.3.12. C Vitamini Tayini.....	31
3.2.4. Mikrobiyolojik Analizler.....	31

	Sayfa
3.2.4.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayımı.....	31
3.2.4.2. Toplam Maya ve Küf Sayımı.....	32
3.2.4.3. Toplam Enterobacteriaceae Sayımı.....	32
3.2.4.4. Toplam <i>Escherichia coli</i> O157:H7 Sayımı.....	32
3.2.5. Duyusal analizler.....	32
3.2.6. Veri analizi.....	33
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	34
4.1. Değişik prototipler arasından atımlı elektrik akımı ile proses edilecek olan fonksiyonel havuç içeceğinin formülasyonunun belirlenmesi.....	34
4.2. Atımlı elektrik akımı ile prosesi yapılacak olan fonksiyonel havuç içeceğinin kompozisyonu.....	35
4.3. Fonksiyonel havuç içeceğinin atımlı elektrik akımı ile prosesinde elektrik akım şiddetinin fonksiyonel havuç içeceğinin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi.....	36
4.4. Fonksiyonel havuç içeceğinin atımlı elektrik akımı ile prosesinde uygulama süresinin fonksiyonel havuç içeceğinin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi.....	46
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	55
KAYNAKLAR.....	58
ÖZGEÇMİŞ.....	64
EKLER.....	65
EK 1.....	65
EK 2.....	66
EK 3.....	67
EK 4.....	68
EK 5.....	69
EK 6.....	70

ÖZET

ATIMLI ELEKTRİK AKIMI UYGULAMASININ FONKSİYONEL AMAÇLI HAZIRLANAN HAVUÇ İÇECEĞİNİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Bu çalışma kapsamında havuç suyu, %70 demineralize peynir altı suyu, inulin, oligofruktoz, şeker ve sitrik asit katılarak fonksiyonel bir havuç içeceği formüle edilmiş ve bu amaçla üç farklı prototip geliştirilmiştir. Bu üç prototip arasından duyu analizler sonucunda uygun bir formülasyon seçilmiş, atımlı elektrik akımı (PEF) ile proses edilmiş ve PEF prosesi öncesi ve sonrası fonksiyonel havuç içeceğinde fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır.

Hazırlanan fonksiyonel havuç içeceği laboratuvar ölçekli OSU-4A PEF cihazında proses edilmiştir. PEF proses parametreleri 40ml/dak akış hızı, 3 µs atım genişliği, 20 µs iki atım arasındaki zaman aralığı ve 500 atım/saniye frekans olarak belirlenmiş olup bu parametreler sabit iken elektrik akımı şiddeti değişken olarak ele alınmış olup 164 µs uygulama süresinde 0 (kontrol), 13, 17, 20, 23 ve 27kV/cm uygulanmaları gerçekleştirilmiştir. Benzer şekilde akış hızı, atım genişliği ve iki atım arasındaki zaman aralığı sabitken uygulama süresi değişik frekanslar uygulayarak değiştirilmiş olup 17kV/cm elektrik akım şiddetinde uygulama süreleri 0 (kontrol), 82, 131, 164, 196 ve 262 µs olarak belirlenmiştir. Proses öncesi ve sonrasında havuç içeceğinde kontrol örneği de dahil olmak üzere pH, titrasyon asitliği (TA), °Briks, kondaktivite, renk (L, a ve b), esmerleşme indeksi, metal iyon konsantrasyonu ve C vitamini miktarındaki değişime bakılmıştır. Proses sonrası ise toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı (TAMB), toplam maya-küf sayısı (TMK), toplam Enterobacteriaceae (TE) sayısındaki değişim tespit edilmiştir. Ayrıca havuç suyuna *Escherichia coli* O157:H7 inoküle edilerek PEF prosesinin bu mikroorganizma üzerine etkisi de araştırılmıştır.

Analizlerden elde edilen sonuçlar PEF ile prosesin ürünün fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığını ($P>0.05$) buna karşın TAMB, TMK, TE ve *E. coli* O157:H7 sayısında artan elektrik akımı ve uygulama süresi ile önemli ölçüde azalma sağladığını göstermektedir ($P\leq 0.05$). Elde edilen veriler ışığında PEF prosesinin formüle edilen fonksiyonel havuç içeceğinde başarılı bir şekilde uygulanacağı sonucuna varılmıştır.

2007, 70 Sayfa

Anahtar kelimeler: Atımlı elektrik akımı (PEF), fonksiyonel havuç içeceği, mikrobiyal inaktivasyon, gıda kalite kontrol

ABSTRACT

EFFECT OF PULSED ELECTRIC FIELDS ON PHYSICAL, CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF CARROT DRINK FORMULATED AS FUNCTIONAL PRODUCT

In the study three prototypes of functional carrot drink were formulated by adding carrot juice, 70% demineralized whey, inulin, oligofructose, sugar and citric acid. One formulation among three prototypes was selected after sensory evaluation, processed by pulsed electric fields (PEF) and physical, chemical, and microbiological analyses were performed before and after PEF processing.

A laboratory scale PEF processing unit with 40 ml/min flow rate, 3 μ s pulse duration, 20 μ s pulse delay time, 500pps frequency processing conditions was used to process functional carrot drink. When these parameters were constant, electric field strength were selected as 0 (control), 13, 17, 20, 23 and 27 kV/cm at 164 μ s treatment time. Similarly, when flow rate, pulse duration, pulse delay time were constant with 17 kV/cm electric field strength, the treatment time changed to 0 (control), 82, 131, 164, 196 and 262 μ s. Before and after PEF processing the samples were analyzed for pH, titratable acidity (TA), °Brix, conductivity, color (L, a and b), browning index, metal ion concentration, and vitamin C degradation in addition to inactivation of endogenous total aerophilic mesophilic bacteria (TAMB), total mold and yeast (TMY), total enterobacteriaceae (TE) and inoculated *Escherichia coli* O157:H7.

Results revealed that PEF processing as a function of electric field strength and processing time did not cause any significant change in the physical and chemical properties of the carrot juice drink ($P>0.05$). On the other hand, there was a significant amount of inactivation on the TAMB, TMK, TE and *E. coli* O157:H7 as a function of electric field strength and treatment time ($P\leq 0.05$). It is concluded that PEF processing can be successfully used to process functional carrot juice drink.

2007, 70 pages

Key words: Pulsed electric fields (PEF), functional carrot juice drink, microbial inactivation, food quality control.

ÖNSÖZ

Son zamanlarda tüketicilerin taze gıda kalitesindeki gıda ürünlerine olan talebin artması gıdaların korunmasında ısı ile pastörizasyona alternatif olarak yeni yöntemlerin geliştirilmesine neden olmuştur. Aslında ısısal işlemler uzun ömürlü güvenilir gıda üretimi için ana teknolojidir; ancak ısısal işlemler taze aroma, vitamin, ve ürünün bazı fizikokimyasal özelliklerinin kaybolmasına neden olurlar.

Atımlı elektrik akımı (pulsed electric fields, PEF) uygulaması mikroorganizmaları inaktive ederek, özellikle meyve suyu gibi sıvı gıdaların pastörizasyonu için iyi bir potansiyel teşkil etmektedir. Isısal pastörizasyon prosesi ile karşılaştırıldığında ürünün raf ömrünü ve kalitesini iyileştirmektedir.

Gıdalar tüketiciler tarafından yalnızca lezzet ve besin içeriklerine göre değil, aynı zamanda fonksiyonel yararlar sağlayıp sağlamadıklarına göre de değerlendirilmektedirler. 'Fonksiyonel gıda' kavramı günlük hayatımızda çok sık karşılaştığımız bir kavram niteliğindedir. Fonksiyonel gıdalar, temel besleyici özelliği dışında vücutta bir veya daha fazla fonksiyonu karşılayan, sağlığı olumlu yönde etkileyen ve herhangi bir hastalık riskini önleyen veya azaltan gıdalardır. Sağlıklı gıda tüketimi bilincinin gelişmesi sonucu ortaya çıkan tüketici talebinin sürekli artmasıyla birlikte fonksiyonel gıdalara olan ilgi ve bu konuda yapılan çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır. Özellikle probiyotik ve prebiyotik içeren fonksiyonel gıdalar oldukça popüler hale gelmiştir.

Yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı bu çalışma kapsamında Hatay İli'nde oldukça fazla miktarda yetiştirilen havuçtan havuç suyu eldesi ve elde edilen havuç suyundan fonksiyonel bir içecek hazırlanması öngörülmüş olup söz konusu ürünün fonksiyonel özelliklerinin kaybolmaması için PEF ile proses edilip, proses öncesi ve sonrası içecekte fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerin yapılması amaçlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında kullanılan PEF yüksek akım jeneratörü Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Tarım, Ormancılık ve Veterinerlik Araştırma Grubu (TUBİTAK-TOVAG) tarafından desteklenen "Atımlı Elektrik Akımı (PEF) Teknolojisi ile Meyve Suları/Nektarlarının Pastörize Edilmesi: Mikrobiyal İnaktivasyon, Kimyasal, Fiziksel ve Duyusal Özelliklerinin İncelenmesi" projesi (104 O 585) kapsamında

alınmıştır. Yüksek lisans tezimin ana temasını oluşturan bu cihazın sağlanması konusunda büyük destek sağlayan TUBITAK-TOVAG grubuna öncelikle teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca tez projesine (proje no: 06 M 1503) olan desteklerinden dolayı Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı'na ve Meyve Suyu Endüstrisi Derneği (MEYED)'e teşekkürlerimi sunuyorum.

Araştırma konumun seçiminde yardımcı olan ve çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Gülsün AKDEMİR EVRENDİLEK'e (Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü) sonsuz şükranlarımı sunarken tezimin her aşamasında destek olan Yrd. Doç. Dr. Yahya Kemal AVŞAR'a (Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü), Yrd. Doç. Dr. Mustafa Kemal SANGÜN'e (Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü), ve tez jürimde yer alarak değerli görüş ve katkıları ile tezime olan desteklerinden dolayı Prof. Dr. Fahrettin GÖĞÜŞ'e (Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü) teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca deneylerimde yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşım Jülide ALTUNTAŞ'a (Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Öğrencisi), kimyasal analizlerde yardımcı olan Ayla Ayşe ÖZYILMAZ'a (Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Fakültesi Yüksek Lisans Öğrencisi) ve tez dönemim boyunca desteğini ve yardımlarını esirgemeyen sevgili eşim Ali AKIN ve biricik kızım Melisa'ya teşekkür ediyorum. Son olarak yüksek lisans çalışmalarım sırasında desteklerini esirgemeyen Kristal Gıda San. ve Tic. Ltd. Şti. yönetimine teşekkürlerimi belirtmek istiyorum.

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1. Atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinin prototiplerinin formülasyonları (%).....	34
Çizelge 4.2. Atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinin prototiplerinin duyusal analizleri.....	35
Çizelge 4.3. Atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinin kompozisyonu.....	36

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Eş zamanlı akış sağlayan sürekli uygulama odacıkları.....	9
Şekil 1.2. Laboratuvar ölçekli OSU-4A PEF sistemi şematik diyagramı..	10
Şekil 3.1. Deneylerde kullanılan laboratuvar ölçekli PEF sistemi.....	24
Şekil 3.2. İki kutuplu kare şeklinde uygulanan elektrik atım dalgası.....	25
Şekil 4.1. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde pH ölçümü	37
Şekil 4.2. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde titrasyon asitliği ölçümü.....	37
Şekil 4.3. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde °Briks ölçümü.....	39
Şekil 4.4. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde kondaktivite ölçümü.....	39
Şekil 4.5. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde renk (L, a ve b) ölçümü.....	40
Şekil 4.6. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde esmerleşme indeksi ölçümü.....	40
Şekil 4.7. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde metal iyon konsantrasyonu ölçümü.....	42
Şekil 4.8. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde C vitamini tayini.....	42

Şekil 4.9.	Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) inaktivasyonu	44
Şekil 4.10.	Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde toplam maya ve küf (TMK) inaktivasyonu.....	44
Şekil 4.11.	Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde toplam enterobacteriaceae (TE) inaktivasyonu	45
Şekil 4.12.	Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel içeceğinde <i>Escherichia coli</i> O157:H7 inaktivasyonu.....	45
Şekil 4.13.	Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde pH ölçümü....	47
Şekil 4.14.	Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde TA ölçümü...	47
Şekil 4.15.	Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde °Briks ölçümü.....	48
Şekil 4.16.	Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde kondaktivite ölçümü	48
Şekil 4.17.	Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde renk (L a ve b) ölçümü	49
Şekil 4.18.	Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde esmerleşme indeksi ölçümü.....	49
Şekil 4.19.	Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde metal iyon konsantrasyonu ölçümü.....	51

Şekil 4.20.	Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde C vitamini tayini.....	51
Şekil 4.21.	Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) inaktivasyonu.....	52
Şekil 4.22.	Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde toplam maya ve küf (TMK) inaktivasyonu.....	52
Şekil 4.23.	Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde toplam enterobacteriaceae (TE) inaktivasyonu.....	54
Şekil 4.24.	Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde <i>Escherichia coli</i> O157:H7 inaktivasyonu.....	54

1. GİRİŞ

1.1. Fonksiyonel Gıdalar

Son zamanlarda tüketicilerin taze gıda kalitesindeki gıda ürünlerine olan talebi hızla artmaktadır. Gıdalar tüketiciler tarafından yalnızca lezzet ve besin içeriklerine göre değil, aynı zamanda fonksiyonel yararlar sağlayıp sağlamadıklarına göre de değerlendirilmektedirler. “Fonksiyonel gıda” kavramı günlük hayatımızda çok sık karşılaştığımız bir kavram niteliğindedir. Fonksiyonel gıdalar, temel besleyici özelliği dışında vücutta bir veya daha fazla fonksiyonu karşılayan, sağlığı olumlu yönde etkileyen ve herhangi bir hastalık riskini önleyen veya azaltan gıdalardır. Sağlıklı gıda tüketimi bilincinin gelişmesi sonucu ortaya çıkan tüketici talebinin sürekli artmasıyla birlikte fonksiyonel gıdalara olan ilgi ve bu konuda yapılan çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır. Özellikle probiyotik ve prebiyotik içeren fonksiyonel gıdalar oldukça popüler hale gelmiştir. Prebiyotikler mide ve ince bağırsakta sindirilmeden kalın bağırsağa geçen ve bağırsak florasında bulunan probiyotik mikroorganizmaların gelişimlerini ve aktivitelerini destekleyen gıda bileşenleridir. Prebiyotikler uygun miktarlarda tüketilmeleri sonucunda bağırsak hücrelerinin düzgün çalışmasını sağlarlar ve bağırsak hareketlerini düzenlerler. Özellikle kalsiyum ve magnezyum emilimini arttırarak kemik metabolizmasını güçlendirirler, bağırsak enfeksiyonlarını engeller veya bu enfeksiyonların iyileşmesini hızlandırır. Sindirime uğramadan bağırsağa ulaşan herhangi bir gıda maddesi potansiyel bir prebiyotiktir. Prebiyotik kavramı içinde özellikle sindirilemeyen karbonhidratlar (çeşitli oligosakkaritler) üzerinde önemle durulmakla birlikte, bazı peptidler ve lipidlerde bu grupta yer almaktadır. Prebiyotik özelliğe sahip en önemli gıda bileşenleri arasında frukto oligosakkaritler (FOS), inülin, gluko oligosakkaritler, galakto oligosakkaritler, ksilo oligosakkaritler, izomalto oligosakkaritler, gentio oligosakkaritler, laktuloz, polidekstroz, pirodekstrin, rafinoz ve dirençli nişasta sayılabilir. Prebiyotikler sebze, meyve ve tahılların yapısında bulunmaktadır ve bu kaynaklardan çeşitli ekstraksiyon işlemleri ve enzimatik hidroliz ile elde edilmektedirler. Fonksiyonel gıdalarda yaygın bir şekilde kullanılan ve en çok bilinen prebiyotiklerden olan inülin ve FOS’lerin bulunduğu başlıca kaynaklar arasında

hindiba, yer elması, soğan, sarımsak, muz, pırasa, kuşkonmaz ve bezelye sayılabilir. Ayrıca buğday, arpa ve çavdar gibi bazı tahıllarda FOS içermektedir. Bu kaynaklardan inülin eldesi ekstraksiyon yolu ile gerçekleştirilmekte, FOS'ler ise sukrozdan ya da inülininden enzimatik hidroliz yolu ile elde edilmektedir. Prebiyotiklerden bir diğeri olan galakto oligosakkaritlerin temel kaynağı süt olup, ticari olarak sütte bulunan laktozun enzimatik hidrolizi ile elde edilmektedir. Yine aynı şekilde laktuloz da, galakto oligosakkarit gibi laktozdan elde edilmektedir. Malto oligosakkaritler, izomalto oligosakkaritler ve genti oligosakkaritler ise prebiyotik eldesinde önemli bir kaynak olan nişastadan çeşitli enzimatik proseslerle elde edilmektedirler (ŞENER ve DENKBAŞ, 2006).

Prebiyotik özellikteki oligosakkaritler, sağlık açısından faydalı gıda bileşenleri olmalarının yanı sıra, pek çok üründe kullanılmalarına olanak sağlayan fizikokimyasal karakteristiklere de sahiptirler. Örneğin asidik koşullarda ve yüksek sıcaklıklarda bozulmamaları proses sırasında degradasyona uğramalarını engellemektedir (ŞENER ve DENKBAŞ, 2006).

Fonksiyonel gıdaların üretiminde kullanılan yöntemler kısaca özetlenecek olursa;

- 1-Gıdanın içeriğinde doğal olarak bulunan ve yararlı fizyolojik etkinliği olan bir bileşiğin konsantrasyonunun artırılması,
- 2-Yararlı fizyolojik etkinliği olan bileşenin gıdaya ilavesi,
- 3-Negatif fizyolojik etkinliği olan bileşenin eliminasyonu,
- 4-Negatif fizyolojik etkinliği olan bileşenin kısmen uzaklaştırılarak, yerine yararlı fizyolojik etkinliği olan bileşenin ikamesi,
- 5-Tümüyle ihtiyaca yönelik olarak ürün kompozisyonunun tasarlanmasıdır.

Ayrıca fonksiyonel ürünleri direkt olarak sağlıkla ilişkilendirilenler, yaşam kalitesini iyileştirenler ve yaşa veya fizyolojik duruma yönelik ürünler olarak kategorize etmekte mümkündür (ANONİM, 2007a).

Süt ve ürünleri bazlı katkıların modifiye edilmeleri ve fraksiyonlarına ayrılmasında geliştirilen yeni teknolojiler özellikle peynir altı suyu proteinleri gibi süt endüstrisi katkılarının biyolojik rollerini tanımlayan araştırmalar, bu katkıların fonksiyonel ürünlerde kullanım olanaklarını arttırmaktadır (KARAGÖZLÜ ve BAYARER, 2004). Peynir yapımında bir yan ürün olan peynir altı suyu; laktoz, mineral maddeler, vitaminler, protein ve az miktarda da süt yağını içermektedir. Bunların içinde

peynir altı suyu proteinleri en önemli kısmı oluşturmaktadır. Peynir altı suyu proteinlerinin diğer proteinelere göre üstün olan tarafı sadece biyolojik değeri değil, aynı zamanda antioksidan fonksiyonları destekleyen sülfür içeren aminoasitlerini yüksek oranda içermesidir (HARPER, 2000; GERMAN ve ark. 2001; ANONİM, 2007c). Peynir altı suyu proteinleri kısa zincirli aminoasitleri içermekte olup, bu aminoasitler proteinlerin bozulmasının artması durumundaki, kas kaybının mümkün olduğunca azalmasına yardımcı olmaktadır (SMITHERS ve ark., 1996; ANONİM, 2007b). Spesifik peynir suyu içeriğinin biyoaktif rollerinin belirlenmesi, onların fonksiyonel gıda ürünlerinde ticari olarak kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bu bakımdan peynir suyu proteinleri; özellikle bebekler, yaşlılar, bazı hastalar ve yoğun aktivite içinde olan sporculara faydalıdır. Ancak, insanlar üzerindeki klinik denemeler tek başına peynir suyu katkısının mutlaka diğer biyolojik besinler ile desteklenmesi gerekliliğini de göstermektedir (HARPER, 2000; GERMAN ve ark., 2001).

Havuç Maydonozgiller (Apiaceae) familyasından, iki yıllık otsu bitki ve bitkinin sebze olarak değerlendirilen köklerinden oluşmaktadır. Anayurdunun Afganistan ve komşu ülkeler olduğu sanılmaktadır. 20. yüzyılda karotenin (provitamin A) değerinin anlaşılması karotene zengin olan bu bitkinin besin kaynağı olarak önemini artırmıştır. Bugün ılıman kuşakta büyük miktarlarda havuç tarımı yapılmaktadır. Parlak turuncu rengi, yüksek karoten içeriğini göstermektedir. Provitamin A aktivitesi yüksek olan havuç, C, B1 ve B2 vitaminlerince zengin bir ürün olup, çiğ olarak ya da pişirilerek tüketilmektedir. Havuçtaki kompleks karbonhidratlar vücuda enerji vermektedir. Sindirimi kolay olan havuç suyu, karaciğerin safra salgılamasına ve kolesterolü dengelemesine yardım ettiği için tüm sebze suları içinde en önemlilerindedir. Kaldı ki, havuçtaki alkalın mineralleri sinir sistemini korurken, ince bağırsak duvarlarını da çalıştırmakta ve düzenlemektedir. Besin değeri açısından bakıldığında yarım kilogram havuçta 30 mg C vitamini, B1-B6 vitaminleri, kalsiyum, demir ve potasyum mineralleri bulunur ve bunların büyük bölümü kabuğun altındadır (ANONİM 2007d).

1.2. Meyve Suyu

Türk Gıda Kodeksi'nin "2004 yılı Meyve Suyu ve Benzeri Ürünler Tebliği (no:98/9)"nde meyve suyu olarak bahsedilen içecek grubu, içindeki meyve suyu konsantresine göre farklı adlar almaktadır. Tebliğe göre meyve suyu; sağlıklı, olgun, taze veya soğukta muhafaza edilmiş bir veya birkaç çeşit meyveden elde edilen, elde edildiği meyvenin tipik renk, tat ve koku özelliklerini gösteren ürünlerdir. Meyve suyu doğrudan meyveden elde edilebileceği gibi meyve suyu konsantresinden konsantrasyon sırasında ayrılan su ve aroma maddelerinin tekrar ilavesiyle de elde edilebilir. Asitliği düzenlemek için meyve suyuna asit katılabilir. Genel olarak meyve suları potasyum, folat ve C vitamini, β -karoten gibi antioksidan vitaminler dışında güçlü antioksidan etkinlik gösteren bu biyoaktif fitokimyasal bileşenler bakımından oldukça zengindir. Yapılan çalışmalarda meyve sularının bu özellikleri nedeniyle potansiyel antioksidan etkinlik gösterdikleri ve bu nedenle bazı kanser türleri ile kalp ve diğer kronik hastalıklara karşı koruyucu etkilerinin olabileceği gösterilmiştir. Ayrıca bu çalışmalarda biyoaktif bileşenlerin meyvelere kıyasla meyve sularından daha kolaylıkla emilebildiği, antioksidanlarca zengin meyve ve meyve suyu tüketiminin plazma antioksidan kapasitesini artırdığı da belirtilmiştir (ŞENER ve DENKBAŞ, 2006).

Geleneksel olarak meyve sularının pH'ları 4.5'e eşit veya 4.5'ten daha düşüktür ve bunlar 60 ile 100°C arasında ısıtılma tabii tutulurlar (CHEN ve ark, 1993; JAY, 1992). Bu işlem sırasında gıdaya büyük miktarda enerji transferi olmakta ve bu durum üründe istenmeyen reaksiyonlara neden olmakta ve hatta istenmeyen bazı yan ürünlerin oluşmasına sebebiyet vermektedir. Günümüzde tüketiciler sadece ürünün uzun raf ömrüne değil aynı zamanda ürünün yüksek kalitesine de bakmaktadırlar. Bu sebeplerden ötürü alternatif gıda muhafaza yöntemlerinin geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir. Örneğin HTST (yüksek sıcaklık-kısa süre), UHT (ultra yüksek sıcaklık) ve aseptik paketleme bu ihtiyaçtan doğan proseslerdir. Ancak bazı gıdaların içindeki bileşenler ısı uygulamalarına karşı duyarlıdır ve bu nedenle düşük ısıtılmalarda dahi gıda kalitesinde kayıplar olmaktadır (ESPACHS-BARROSA ve ark., 2003; HENDRICKX ve REDD, 1995).

1.3. Atımlı Elektrik Akımı

Son yıllarda tazeye en yakın şekilde muhafaza edilen gıda ürünlerine olan talep gıdaların korunmasında yeni alternatif metotlarla ilgilenilmesine neden olmuştur. Aslında ısısal işlemler uzun raf ömürlü güvenilir gıda üretimi için ana teknolojidir; ancak ısısal işlemler taze aroma, vitamin ve ürünün bazı fizikokimyasal özelliklerinin kaybolmasına neden olurlar (DUNN, 2001; MERTENS and KNORR, 1992; ZHANG ve ark., 1995a).

Atımlı elektrik akımı (PEF, pulsed electric fields) uygulaması mikroorganizmaları inaktive etmek suretiyle gıda pastörizasyonu için iyi bir potansiyel teşkil etmektedir. Pastörizasyon prosesi ile karşılaştırıldığında gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmakta ve mevcut kaliteyi muhafaza etmektedir (DUNN and PEARLMAN, 1987; GOULD, 1995; JAYARAM ve ark., 1992; KNORR ve ark., 1994; MERTENS ve KNORR, 1992; POTHAKAMURY ve ark., 1993; QIN ve ark., 1994; QIU ve ark., 1998; ZHANG ve ark., 1994a). PEF prosesi özellikle düşük viskozite ve elektrik iletkenliğine sahip çeşitli gıda ürünlerinde örneğin portakal suyu (JIA ve ark., 1999; YEOM ve ark., 2000), elma suyu (EVRENDİLEK ve ark., 1999 ve 2000), kuşburnu suyu (EVRENDİLEK ve ark., 2001; JIN ve ZHANG, 1999) gibi sıvı ürünlerde başarılı olmakla beraber, yoğurt (YEOM ve ark., 2004), ayran benzeri ürünler (EVRENDİLEK ve ark., 2004a), bezelye çorbası (VEGA-MERCADO ve ark., 1996a), pirinçli puding (RATANATRIWONG ve ark., 2001), sıvı yumurta (HERMAWAN ve ark., 2001) gibi ürünlerde de başarı ile uygulanmıştır.

PEF uygulaması ilk defa 1935 yılında Getchell tarafından saatte 100 galonluk bir kapasitedeki uygulama ile başlatılmıştır. Bu sistemde yüksek akımın uygulandığı odacıklar ağır cam ve zıt duvarlı karbon elektrotlarla dikey dikdörtgen tüplerden oluşmuştur. Çiğ süt 52°C dereceye ısıtılmış ve 220 V'luk alternatif akımla muamele edilmiştir (GETCHELL, 1935). Bu yıllarda, PEF uygulaması gerek sistemin kapasitesi gerekse sistemdeki ekipmanların sıcaklık kontrol mekanizmasının iyi olmaması yüzünden popülerite kazanamamıştır. Bununla birlikte eğer elektrik akımı uygulaması kısa aralıklı dalgalar şeklinde olursa minimal düzeyde ısı üretimi gerçekleşecek ve uygulama ısısal olmayan olacaktır. PEF prosesi iki elektrot arasına yerleştirilmiş olan bir gıdaya kısa dalga boylu yüksek voltajlı (genellikle 20-80 kV/cm) elektrik akımı

verilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Yüksek voltajlı elektrik akımı verildiği zaman büyük miktarda bir elektrik akımı sıvı gıdada bulunan ve elektrik akımı taşıyan taşıyıcı iyonların konsantrasyonuna bağlı olarak gıdaya geçmektedir (ZHANG ve ark., 1995b).

1.3.1. Mikroorganizmaların İnaktivasyonu

PEF uygulamasının mikroorganizmaların inaktivasyonu üzerine etkisi çeşitli şartlarına bağlıdır. Bunlar;

1-PEF prosesine bağlı olan faktörler,

2-Gıdaya bağlı olan faktörler,

3-İnaktivasyonu hedeflenen mikroorganizmaya bağlı faktörler olarak sıralamak mümkündür (BARBOSA-CANOVAS ve ark., 1999).

1.3.1.1. PEF Prosesine Bağlı Faktörler

- Elektrik alanın büyüklüğü,
- Uygulama zamanı,
- Atım süresi,
- Uygulama sıcaklığı,
- Gıdanın akış hızı,
- Yüksek voltaj uygulamasının gerçekleştirildiği odacık sayısıdır (ZHANG ve ark.,1995b).

Uygulanan elektrik alanının öldürücü etkisi elektrik alan gücü ve uygulama süresiyle ilgilidir (HULSHEGER ve ark.,1981) ve elektrik alan gücü bunu belirleyen faktördür (KNORR ve ark.,1994; QIN ve ark.,1995). Atım süresinin genişliği optimum düzeyde olursa inaktivasyonda artış meydana gelmektedir. PEF prosesinde genel olarak mikrobiyel inaktivasyonu etkilemeyecek ölçüde düşük sıcaklık dereceleri kullanılmaktadır. Fakat bazı durumlarda inaktivasyonu arttırmak ve özellikle yüksek vizkoziteli gıdalarda gıdanın akışını kolaylaştırmak amacı ile PEF prosesi orta derecede ısı uygulaması ile kombine edilmektedir (EVRENDİLEK ve ark., 2004b; YEOM ve ark., 2004; RATANATRIWONG ve ark., 2001).

1.3.1.2. Gıdaya Bağlı Faktörler

- Gıdanın vizkozitesi
- Gıdanın elektrik akım iletkenliği (kondaktivitesi)
- Gıdanın pH'sı
- Gıdada antimikrobiyel madde bulunup bulunmamasıdır.

Genel olarak PEF prosesi bir pompa yardımı ile pompalanabilen düşük vizkoziteli ve elektrik akımını yeterli düzeyde iletebilecek miktarda iyon bulundurabilen belli bir sınıra kadar yüksek kondaktivite ve asidik pH'ya sahip gıdalara uygulanmaktadır. Bazı gıdalarda PEF prosesi öncesi ısı uygulaması ile vizkozite düşürülmekte dolayısı ile gıda peristatik veya dişli pompa vasıtası ile belirli bir akış hızında pompalanabilmektedir (RUHLMANN, 2001) .

1.3.1.3. Mikroorganizmaya Bağlı Faktörler

- Mikroorganizmanın morfolojisi (kok, basil, spiral şeklinde olması),
- G^+ veya G^- olması,
- Büyüme fazı,
- İnoküle edilen mikroorganizma veya doğal olarak gıdada bulunan mikrofloranın başlangıç sayısı sayılabilir.

Genel olarak kabul edilen husus mikroorganizmaların hücre büyüklükleri arttıkça PEF proesesi ile inaktivasyonlarının artacağı şeklindedir. Buna göre basil ve spiraller koklara göre daha kolay inaktive olmaktadır. Ayrıca mikroorganizmanın büyüme fazındaki durumu da inaktivasyonu ile ilişkilidir. Genel olarak mikroorganizmalarda latent dönemde, logaritmik olarak artış ve logaritmik olarak azalma dönemlerine göre inaktivasyon daha fazla olmaktadır. İnoküle edilen mikroorganizma sayısı arttıkça inaktivasyonda artış gözlenmektedir (SALE ve HAMILTON, 1967; ZHANG ve ark., 1994b ve 1995c).

1.3.2. Laboratuvar Ölçekli PEF Sistemleri

Laboratuvar ölçekli PEF sistemleri 3 ana kısımdan oluşmuştur. Bunlar;

- Elektrik akım jeneratörü,
- Yüksek akımın işlem odacıkları,
- Sıvı gıdanın PEF sisteminde taşınımını sağlayan sıvı taşıma sistemi.

1.3.2.1. Elektrik Akım Jeneratörü

Bu jeneratör düşük seviyedeki enerjiyi gücü yüksek enerjiye çevirir ve PEF sistemine yüksek voltaj sağlar. Düşük seviyedeki voltaj ki bu kapasitörde biriktirilip depo edilir hemen yüksek seviyedeki voltaja çevrilir ve elektrik akım olarak üretilir. Bu üretilen yüksek voltaj mikro saniyelik sürelerde uygulama odasındaki gıdaya yüksek miktarda elektrik akımı olarak verilir. Uygulanan elektrik akımı mikro saniyelik sürelerde uygulandığından gıdanın ısınması minimum seviyede olur (ZHANG ve ark., 1995b).

1.3.2.2. Yüksek Akım İşlem Odacıkları

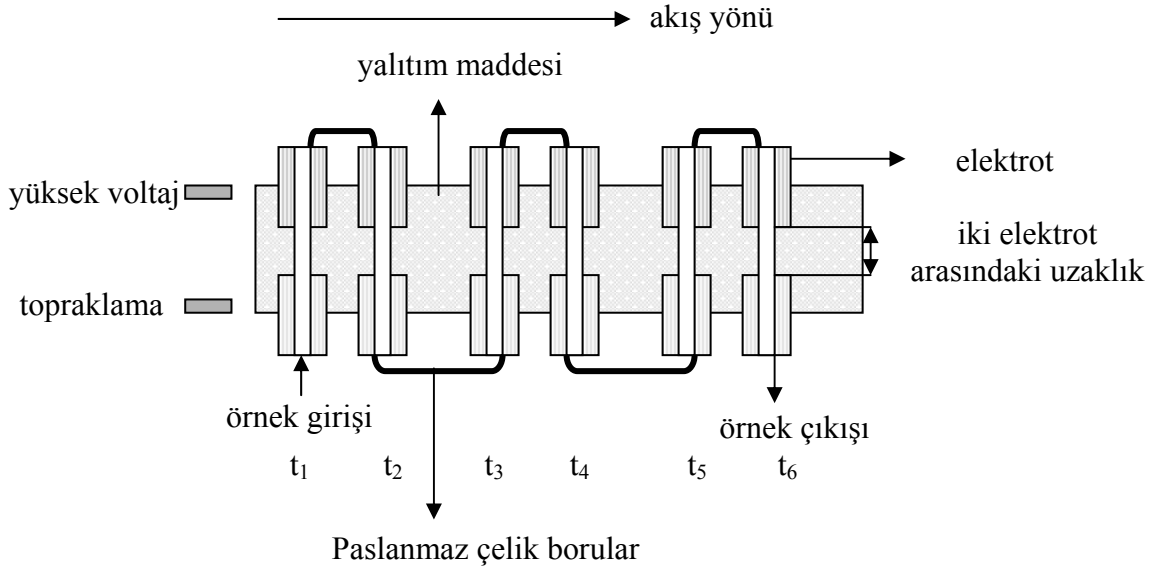
Uygulama odasının asıl görevi materyale elektrik akımı vermektir. PEF ile proses edilen üründe yeknesak bir proses yapabilmek için uygulanan elektrik akımının yeknesak olması gereklidir (ZHANG ve ark., 1994b). Bu amaçla zaman içerisinde yeni tasarımların gelişmesi ile birlikte uygulama odasının dizaynı statik uygulama odasından sürekli uygulama odalarına doğru değiştirilmiştir (Şekil 1.1).

1.3.2.2.1. Statik Odalar

U şeklindeki polisitiren model iki karbon elektrottan oluşur. U şeklindeki polisitiren odaların içinde pirinç blokların destek sağlamak için yerleştirilmiş olduğu odacıklardır (BARBOSA-CANOVAS ve ark., 1999).

1.3.2.2.2. Sürekli Akış Sağlayan Odalar

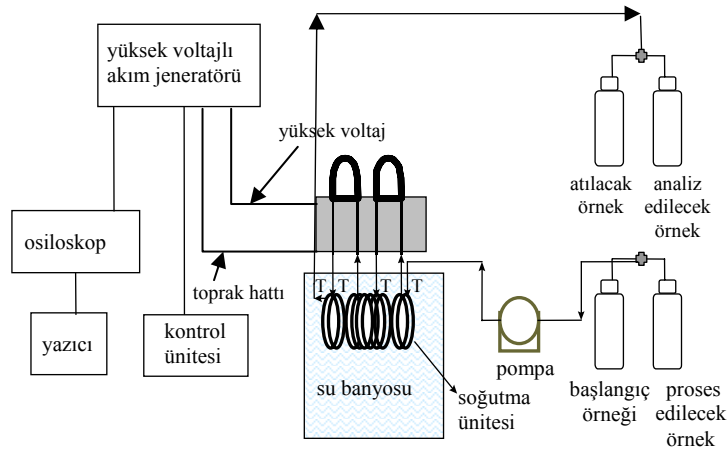
DUNN ve PEARLMAN (1987), tarafından geliştirilen sürekli odaların içinde dar ve geniş elektrot konfigürasyonları tarafından yüksek voltaj elde edilir. Bu odacıklar iki paralel plak elektrot ve dielektrik ara yalıtıktan oluşmaktadır. Elektrotlar gıdadan sulfonat polisitiren ve akrilik asit kopolimerlerden yapılan iletken membranlar tarafından ayrılırlar.



Şekil 1.1. Eş zamanlı akış sağlayan sürekli uygulama odacıkları (EVRENDİLEK ve ark., 2004a)

1.3.2.3. Sıvı Gıdanın PEF Sisteminde Taşımını Sağlayan Sıvı Taşıma Sistemi

Laboratuar ölçekli PEF sistemlerinde sıvı taşıma sistemi başlangıç örneği, proses edilecek örnek, proses edilmiş analize alınacak ve atılacak örnekleri içeren dört adet şişe, sıvı gıdanın uygulama odacıklarına taşımını sağlayan esnek plastik tüpler, gıdanın yapısına uygun gıdayı plastik tüpler içerisinde uygulama odacıklarına iletimini sağlayan bir pompadan oluşmaktadır (Şekil 1.2). Pilot işletmelerde sıvı taşıma sistemi yarıçapı daha büyük paslanmaz çelik borulardan oluşmaktadır.



Şekil 1.2. Laboratuar ölçekli OSU-4A PEF sistemi şematik diyagramı (EVRENDİLEK ve ark., 1999).

1.3.3. PEF Proses Parametreleri

PEF prosesinde uygulanan elektrik akımının şiddeti ve uygulama süresi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bu amaçla aşağıda belirtilen parametreler kullanılmaktadır.

D:İşlem odasında iki elektrot arasındaki uzaklık (cm)

ϕ :İşlem odacığı çapı (cm)

τ : Her bir atımın süresi-genişliği(μ s):elektrik alanının akım süresi

f :Frekans(Akım/sn.):elektrik alanının tekrarı

n :Oda sayısı

V :Uygulanan voltaj

I :Akım (A)

T_c :Sirkülasyon zamanı (dak)

V :Sirkülasyon hacmi (ml)

Q :Gıdanın akış hızı (ml/s)

σ :Proses sıcaklığındaki gıdanın elektrik iletkenliği (Siemen/m)

P :Proses sıcaklığındaki gıdanın yoğunluğu (g/cm³)

C_p :Gıdanın spesifik sıcaklığı (J/g.°C)

E_p :Uygulanılan elektrik alan (KV/cm)

t_r :Uygulama süresi (μ s)

Q_v :Gıdanın ortalama akış hızı

n_p :Gıdaya verilen toplam atım sayısı

n_t :Proses edilen örnek miktarı

N :Toplam proses süresi

W :Saniyedeki enerji girişi

ΔT :Ardışık iki uygulama odacığında meydana gelen sıcaklık artışı

Uygulanan elektrik alan;

$$E_p = V/(1000D) \text{ (kV/cm)}$$

Sıvının ortalama akış hızı;

$$Q_v = Q/[3.14/4\phi \text{ (cm/s)}$$

İşlem odalarında her sıvının kalış süresi;

$$t_r = D/ Q_v \text{ (s)}$$

Diğer parametrelerin hesaplanması aşağıdaki gibidir.

$$n_p = t_r f$$

$$n_t = (Q t_c 60)/v$$

$$N = n_p \tau n_t \text{ (\mu s)}$$

$$W = V I \tau f 10 \text{ (J)}$$

$$\Delta T = [(E_p^2) n_p \tau \sigma] / (0.01\rho C_p) \text{ (°C)}$$

PEF prosesi esnasında kontrol edilebilen önemli parametreler şunlardır.

- Verilen elektrik akımının voltajı-şiddeti
- Verilen elektrik akımının voltajı-direnci
- Elektrik akımı uygulama süresi
- Uygulanan elektrik akımının dalga şekli
- Uygulanan elektrik akımının tekrarlama oranı-frekans
- Her işlem odasındaki giriş ve çıkış sıcaklıkları
- Akış hızı (EVRENDİLEK ve ark., 2004c)

1.3.4. Elektrik Akımının Mikrobiyel İnaktivasyon Üzerine Etkisi

PEF prosesi tarafından gerçekleştirilen mikrobiyel inaktivasyon dielektrik yıkılım teorisiyle açıklanılabilir. Normal fiziksel şartlar altında bilayer yağ membranı hücre yağ ekstraktlarından oluşur bu da hidrofilik molekül ve iyonları için iyi bir bariyerdir. Bu bariyer değişik iyon konsantrasyonları, organik bileşikler ve deterjanlar veya transmembran elektrik potansiyelinin baskısı ile modifiye edilmekte ya da transmembran elektrik potansiyeli tarafından değiştirilmektedir. Bu nedenle eğer uygulanan elektrik akımının transmembran elektrik potansiyeli hücre zarının dielektrik potansiyelinden büyükse, zarın özellikli iletkenliği düşer (KINOSITA ve TSONG, 1979; SALE ve HAMILTON, 1967). Dıştan sevk edilen elektrik alan zar üzerindeki elektrik potansiyeli ile hücre zarı içinde yük ayırımına neden olur. Uygulanan elektrik akımı hücrenin kritik zar potansiyel değerini aştığı zaman, hücre zarı içinde gözenek oluşmasına neden olur. Mikroorganizmalarda kritik geçiş zar potansiyeli ve kritik elektrik alan direnci hücrenin çapı, şekli ve değişen dış şartlara bağlıdır. Kritik alan direnci hücre zarının kritik transmembran potansiyel değerini çok aşarsa açılan gözenekler geri dönüşümsüz olur ve hücre zarı zarar görür. Dış elektrik alan direnci kritik değerden çok az fazla olursa, hücre zarındaki gözenekler tersinmez olarak açılır ve oluşan gözenekler büyüyerek hücre materyalinin dış ortama dış ortamdaki maddelerinde hücre içerisine sızmasına neden olarak hücrenin ölümüne sebebiyet verir (COSTER ve ZIMMERMANN, 1975; SALE ve HAMILTON, 1967).

Hücre zarının dielektrik direnci uygulanan elektrik alanının büyüklüğü ve genişliğine bağlıdır (NEUMANN ve ark., 1989). Daha önce yapılan çalışmalarda vejetatif formdaki mikroorganizmalar için kritik elektrik alan direnci 15 kV/cm olarak rapor edilmiştir. Bununla beraber askospor ve endosporların inaktivasyonu için daha fazla elektrik alan direnci gerekmektedir (KNORR ve ark., 1994; MERTENS ve KNORR, 1992; ZIMMERMANN ve BENZ, 1980). Biyolojik hücre zarlarının inaktivasyon mekanizması elektroporasyonla da incelenmiştir. Elektroporasyon aşağıda belirtilen değerler baz alınarak açıklanabilir.

- Transmembran potansiyelinin artması,
- Yapısal zararların arttırılması,
- Zarın vizkoelastik özelliklerinin değişmesi,
- Yağ yada protein moleküllerinde şekilsel değişiklikler (BARBOSA-CANOVAS ve ark., 1999).

Elektroporasyon 3 farklı aşamada belirlidir.

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

Eğer elektrik alan uygulaması devam ederse, gözeneklerin sayısı ve büyüklüğünde artış olur (CHANG ve ark., 1992). Yağ bilayer tabakasının temel iki özelliği uygulanan elektrik alandan etkilendiğini gösterir. Yağ molekülünün elektrik dipolü veya yükü bilayerin iyonlara sınırlı geçirgenliğini sağlar. Bu birinci özellik yağ moleküllerinin elektrik alan altında yeniden düzenlenmesine neden olur. İkinci özellik elektrik akımını yönlendirir, böylece, bölgesel ısınma oluşur ve buda yağ bilayerinin ısısal faz geçişine teşvik eder. Öncelikle yağ moleküllerinin yeniden düzenlenmesine neden olur ve şişme ve büzülmeler ile yeni hidrofobik gözenekler ortaya çıkar. İkinci olarak yapısal olarak daha stabil hidrofilik gözenekler oluşur (KINOSITA ve TSONG, 1979).

1.4. Atımlı Elektrik Akımı Prosesinde Önemli Faktörler

1.4.1. Proses Faktörleri

1.4.1.1. Elektrik Alan Şiddeti

PEF teknolojisinde mikrobiyal inaktivasyon olmasının en önemli nedenlerinden birisi uygulanan elektrik alanın şiddetidir (BENZ ve ark., 1979; CHANG, 1989; HAMILTON ve SALE, 1967; HULSHEGER ve ark., 1981). Uygulanan elektrik alan şiddeti kritik transmembran potansiyeli üzerinde bir değere yaklaşırsa mikrobiyal inaktivasyon artar (GASKOVA ve ark., 1996; SCHOENBACH ve ark., 1997). Elektrik alanı uygulaması ve mikrobiyal inaktivasyon elektroporasyon teorisi ile desteklenebilir ve bu durumda uygulanan elektrik alan şiddeti ile yağ bilayer tabakası ve hücre zarı proteinlerinin geçici destabilizasyonuna neden olur (CASTRO ve ark., 1993).

1.4.1.2. Dalga Şekli

Elektrik alan farklı dalga formlarında uygulanabilir. Bunlar kare dalga, iki kutuplu (bipolar) ve tek kutuplu (monopolar) kare dalga boyu, iki veya tek kutuplu aniden ters dönüşlü dalgalar, logaritmik olarak azalan dalga olarak sınıflandırılmıştır. Bu dalgalardan logaritmik olarak azalan dalgalar mikrobiyal inaktivasyon için en az etkili olanıdır; buna karşın kare dalgalar daha fazla enerji ve öldürme etkisine sahiptir. Benzer şekilde bipolar dalgalar monopolar dalgalardan daha fazla öldürücü etkiye sahiptir (HO ve ark., 1995; QIN ve ark., 1994).

1.4.1.3. Uygulama Zamanı

Uygulama zamanının arttırılması daha fazla mikroorganizmanın inaktivasyonuna neden olur. Bunun nedeni de mikroorganizmaların spesifik proses şartlarına daha fazla maruz kalmalarıdır. Dalga sayısı ve dalga genişliğine göre uygulama zamanı değişir.

1.4.1.4. Uygulama Sıcaklığı

Sıcaklığın inhibitör etkisi tüm gıda işleme sistemleri için geçerlidir. Mikroorganizmaların optimum üreme sıcaklığı (psikofil, mezofil veya termofilik sıcaklıklar), prosesin uygulama sıcaklığı ve proses sonrasında ürünün sıcaklığına bağlı olarak mikrobiyal inaktivasyon değişebilir. Membran kompozisyonunun sıcaklıkla değişmesinde en büyük etken yağın yağ asidi bileşimlerinin değişmesidir (BARBOSA-CANOVAS ve ark., 1999).

Bazı uygulamalarda PEF ile orta şiddetli ısı uygulaması kombine edilerek PEF ile ısı işlem arasındaki sinerjik etkiden faydalanılır. Fakat tek başına PEF uygulamalarında sistemde sıcaklık artışı gözlemlenir ve kontrol altına alınır.

1.4.2. Ortamın Özellikleri

1.4.2.1. İletkenlik

Ortamın elektrik akımını iletme kabiliyeti iletkenlik olarak tanımlanır. Ortamın iletkenliği sıcaklıkla değişir. Bu sebepten dolayı, uygulama sıcaklığı yada elektrik alan direnci arttırılırsa -proses sıcaklığı artar- ortamın iletkenliği artar (ZHANG ve ark., 1995b). PEF ile proses edilecek olan gıdalarda kondaktivite değerlerinin çok düşük ve çok yüksek olması istenmemektedir. Çok düşük olması durumunda elektrik akımını iletecek olan iyonların miktarı az olacağı için elektrik akımının iletilmesi zorlaşır. Kondaktivite değerinin çok yüksek olması durumunda sistemin elektrik akımına karşı göstereceği dirençte artış olur.

1.4.2.2. İyonik Direnç ve pH

Mikroorganizma türüne bağlı olarak, artan asitlik mikrobiyal inaktivasyonu arttırmaktadır (DUNN, 1996). Buna paralel olarak yaptıkları bir çalışmada VEGA-MERCADO ve ark. (1996b) PEF işlemi sırasında iyonik direnç ve pH'nın PEF ile

proses edilecek olan uygulama ortamına etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak solüsyonun iyonik direnci arttığında inaktivasyon oranı yaklaşık olarak $2.5 \log_{10}$ kob/ml azalmaktadır. pH nötr olduğunda ise inaktivasyon oranı $1.45 \log_{10}$ kob/ml den $2.22 \log_{10}$ kob/ml'ye artmaktadır. PEF uygulaması ve iyonik direnç gözenek oluşumundan ve hücre zarına baskıdan sorumludur ve gözenek oluşumu tamamlandığında ortamın pH'sı sitoplazmayı etkilemektedir.

1.4.2.3. Viskozite

Gıda ürünlerinin PEF ile prosesinde esas teşkil eden hususlardan biriside gıdanın viskozitesi veya akışkanlığıdır. PEF prosesinde gıdanın bir pompa yardımı ile akışkanlık kazanacak yapıda olması gerekmektedir. Bu özelliği taşımayan gıdalarda hafif derecede ısı uygulaması ile gıdalara akışkanlık kazandırılmakta ve bu şekilde proses gerçekleştirilmektedir (RATANATRIWONG ve ark., 2001; RUHLMANN, 2001).

1.4.3. Mikrobiyal Faktörler

1.4.3.1. Mikroorganizmanın Tipi

SALE ve HAMILTON, (1967) mikroorganizmaların PEF uygulamalarına olan hassasiyetlerinin farklı olduğunu belirtmişlerdir ve bu bağlamda mikroorganizmaları PEF prosesine gösterdikleri dirence veya hassasiyete göre sınıflandırmışlardır. Buna göre PEF prosesinde mayalar bakterilerden ve bakterilerin vejetatif hücreleri spor formlarından daha hassastırlar. Ayrıca, bakteriler arasında Gram (+)'ler PEF prosesine Gram (-)'lerden daha dirençlidirler (HULSHEGER ve ark., 1983).

1.4.3.2. Mikroorganizmanın Yoğunluğu ve Büyüme Dönemi

Gıdadaki mikroorganizmaların sayısının, mikroorganizmaların elektrik alan kullanılarak inaktive edilmesinde etkili olabileceği düşünölmektedir. BARBOSA-

CANOVAS ve ark. (1999), *Escherichia coli* inoküle edilmiş SMUF (simulated milk ultrafiltrate, taklit edilmiş süt) üzerinde yaptıkları çalışmada 70 kV/cm elektrik alan, 16 atım ve 2 µs uygulama zamanı kullanmışlar ve *E. coli* konsantrasyonunun 10^3 cfu/ml'den 10^8 cfu/ml'ye çıkarılmasının inaktivasyon oranını etkilemediğini belirtmişlerdir. Elma suyunda *Saccharomyces cerevisiae* ile yapılan bir çalışma ise bakteri konsantrasyonundaki artışın inaktivasyon oranını çok az etkilediğini ortaya koymuştur (20 kV/cm alan, 1 atım, 25 µs dalga genişliği).

Genel olarak mikroorganizmalar logaritmik gelişim evresinde strese karşı latent evresine ve duraklama evresine göre çok daha fazla hassastırlar. Logaritmik gelişim evresinde hücrelerin bölünme hızı çok yüksektir. Metabolik faaliyetler ve enerji harcanması en yüksek seviyededir. Bu yüzden de hücre zarı elektrik alan uygulamasından çok çabuk etkilenir. HULSHAGER ve ark. (1983), logaritmik gelişim evresinde hücrelerin duraklama evresine göre elektrik alan uygulamasına karşı daha hassas oldukları sonucuna varmışlardır. Aynı şekilde *E. coli* hücreleri logaritmik dönemde latent dönemindeki hücrelere göre elektrik alan uygulamasına çok daha fazla hassasiyet göstermişlerdir. POTHAKAMURY ve ark. (1996), tarafından *S. cerevisiae* ve maya hücreleri ile yapılan çalışmalarda hücrelerin elektrik alana karşı en hassas oldukları evrenin aktif büyüme evresi olduğunu gözlemlemişlerdir (JAKOB ve ark., 1981). GASKOVA ve ark. (1996) yaptıkları bir çalışmada PEF uygulamasının logaritmik büyüme evresinde, duraklama evresine göre %30 daha fazla inaktivasyon etkisi olduğunu rapor etmişlerdir.

1.5. Mikroorganizmaların İnaktivasyonu

PEF prosesi Gram (-) ve Gram (+) bakterilerin vejetatif hücreleri, küfler, ve mayaların inaktive edilmesinde oldukça etkilidir. PEF ile inaktivasyonu çalışılan mikroorganizmalar kısaca özetlenecek olursa *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas fluorescens*, *S. cerevisiae*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* Dublin, *Salmonella* Entertidis, *Streptococcus thermophilus*, *E. coli*, *E. coli* O157:H7, mayalar, ve küfler görülmektedir (BARSOTTI and CHEFTEL, 1999; DUNN, 2001; EVRENDİLEK ve ark., 1999, 2000, 2003, ve 2004a-c; HERMAWAN ve ark., 2004; YEOM ve ark., 2004). Bu çalışmalarda değişik

proses parameterleri kullanılmış olup mikroorganizmanın cinsine, PEF uygulamasında kullanılan faktörlere ve mikroorganizmanın inoküle edildiği veya içinde geliştiği ortama göre mikrobiyel inaktivasyonda farklılıklar gözlenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

PEF teknolojisinin pastörize edilmemiş taze portakal (%80) ve havuç suyu (%20) karışımında küf ve maya, toplam mikrobiyal flora ve pektin metil esteraz enzimi (PME) üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada PEF proses parametreleri sırasıyla 60 ml/dak akış hızı, 25, 30, 35 ve 40 kV/cm elektrik alan ve 40-340 µs arasında değişen uygulama zamanı olarak belirlenmiştir. Kısa uygulama zamanında (60 µs) toplam mikrobiyal floranın PEF uygulamasına küf ve mayalardan daha duyarlı olduğu gözlemlenmiştir. Buna karşın uzun uygulama zamanında (340 µs) bakterilere kıyasla küf ve mayaların PEF prosesine daha duyarlı olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca elde edilen bulgular PME enziminin PEF uygulamasına karşı toplam mikrobiyal flora, küf ve mayalardan daha dirençli olduğunu göstermiştir (RODRIGO ve ark., 2003).

Portakal ve havuç suyu karışımına PEF uygulamasının ve pastörizasyonun fiziksel ve kimyasal etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada ise portakal ve havuç sularının hazırlanmasında iki farklı metot kullanılmıştır. Birinci yöntemde elde edilen meyve suyu PEF (60 ml/dak akış hızı, 25 kV/cm elektrik akımı ve 280 µs uygulama süresi), 767 Hz frekans, 68°C maksimum sıcaklık) ve HTST (98°C ve 21 s) ile proses edilmiştir. İkinci yöntemde ise meyve suyu PEF (60 ml/dak akış hızı, 25 kV/cm elektrik akımı 330 µs uygulama süresi, 904 Hz frekans ve 70°C maksimum sıcaklık) ve HTST (98°C ve 21 s) ile proses edilmiştir. Elde edilen bulgular ışığında hidroksi metil furfural (HMF), parlaklık ve krom dolgunluğu parametrelerinde her iki çalışmada farklılık gözlenmemiştir. HTST uygulamasından sonra toplam asitlik ve bulanıklık parametreleri çok az seviyede yüksek bulunmuştur. PEF ile işlem gören meyve suyunun duyu özellikleri işlem görmemiş meyve suyunun özellikleriyle daha çok benzerlik göstermiştir. Çalışma sonucunda duyu özellik olarak PEF ile proses edilen meyve suları işleme tabi tutulmayan meyve suları ile hemen hemen aynı duyu özelliklere sahip bulunmuşlardır. Fakat ısıyla pastörizasyonun mikrobiyal florayı ve PME'yi inaktive etmekte daha etkili olduğu belirtilmiştir. Mikrobiyal floranın gelişimi ve PME reaktivasyonu 2 ve 12°C'de 10 hafta süreyle engellenmiştir. Sonuç olarak PEF ile

proses edilen meyve suyunun raf ömrü 2°C'de 4 hafta olarak rapor edilmiştir (RIVAS ve ark., 2006).

Yüksek voltajlı elektrik dalgalarının proteinler ve gıdanın yapısı üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada mikrobiyal inaktivasyonun gerçekleştirildiği elektrik akımında proteinlerin bileşiminde herhangi bir değişikliğe neden olmadığı gözlenmiş ve buna göre elektrik akımının enzimlerin inaktivasyonunda kullanılabileceği saptanmış, endüstriyel protein preparasyonlarının konsantre solüsyonlarının elektrik dalgaları ile pastörize edildiğinde fonksiyonel özelliklerinde bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir. Sonuç olarak gıda, eczacılık ve kozmetik alanındaki protein içeren emülsiyonların biyolojik özelliklerine zarar verilmeden elektrik akımı ile pastörize edilebileceği belirtilmiştir (BARSOTTI ve ark., 2002)

Escherichia coli O157:H7 inoküle edilen elma suyu ve yağsız sütte *E. coli* O157:H7'nin inaktivasyonu üzerine elektrik akımının polaritesi ve atım genişliğinin etkisi araştırılmış ve bu amaçla *E. coli* O157:H7 inoküle edilen gıda örnekleri mono ve bipolar kare şeklinde elektrik atımına maruz bırakılmışlardır. Bipolar atımlar için farklı atım genişlikleri uygulanmıştır. *E. coli* O157:H7 inoküle edilen elma sularında mono (2.56 log₁₀ cfu/ml) ve bipolar (2.63 log₁₀ cfu/ml) elektrik atımlarının *E. coli* O157:H7'nin inaktivasyonu üzerine olan etkilerinde önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir. Yağsız sütte ise mono (1.27 log₁₀ cfu/ml) ve bipolar (1.96 log₁₀ cfu/ml) atımların sağladığı inaktivasyon ölçülmüş ve bipolar atımların biraz daha fazla etkili olduğu tespit edilmiştir. Ard arda gelen iki dalga arasındaki uzaklığın (μs) mikrobiyal inaktivasyon üzerine olan etkilerine bakıldığında ise 20 μs sürenin hem elma suyunda hemde yağsız sütte daha fazla inaktivasyona neden olduğu gözlemlenmiştir (EVRENDİLEK ve ark., 2005).

Farklı streslere maruz bırakılan *E. coli* O157:H7'nin PEF uygulaması veya ısı işleme tabi tutularak inaktive edilmesinde inoküle edilen *E. coli* O157:H7 farklı pH'lara (3.6, 5.2 ve 7'de 6 saat), farklı sıcaklık (4, 35 ve 40°C'de 6 saat) ve farklı ön PEF uygulamalarına (10, 15 ve 20 kV/cm) tabii tutulmuş PEF ile (20, 25 ve 30 kV/cm) veya ısıyla (60°C'de 3 dak) inaktivasyonları ölçülmüştür. Bu uygulamalar göstermiştir ki ön uygulamalardan 3.6 pH'da ve 4 ve 40°C'de 6 saat süresince strese maruz bırakılan *E. coli* O157:H7 kültürü hem PEF hem de ısıyla inaktivasyona karşı direnç kazanmakta ve

istatistiksel olarak önemli bulunan bir oranda daha az inaktive olmaktadırlar (EVRENDİLEK ve ZHANG, 2003).

Horchata yüksek besin içeriğine sahip olmasına karşın raf ömrü oldukça kısa olan İspanyaya ait bir çeşit sebzedden yapılan bir içecektir. Bu içeceğin raf ömrünü uzatmak için yapılan bir çalışmada içeceğe PEF uygulaması yapılmış; PEF ile proses edilen Horchata'nın kalite kriterleri araştırılmış ve pH, toplam yağ, peroksit indeksi, tiobarbitürük asit-reaktif maddeler indeksi, formol indeksi, peroksidaz aktivitesine bakılmış ve PEF uygulamalarından sonra sadece peroksidaz aktivitesinde çok az bir azalma gözlemlenmiştir. Bu parametre ile negatif korelasyon gösteren pH'nın Horchatanın raf ömrü boyunca değişmekte olduğu bildirilmiştir (CORTES ve ark., 2005).

Protein takviyesi yapılarak geliştirilmiş bir içeceğin PEF ile proses edildikten sonraki kalite kriterlerinin araştırıldığı farklı bir çalışmada ise portakal suyu, protein, guar gum, şeker, kalsiyum laktat, sitrik asit, doğal aroma ve renk maddelerinin ilavesi ile bir içecek formülasyonu tasarlanmıştır. Elde edilen içecek pH 3.75 iken hem ısıyla pastörize hem de PEF uygulamasına tabi tutulmak suretiyle pastörize edilmişlerdir. Isı ile pastörize edilen içeceklerle karşılaştırıldığında PEF ile muamele edilen içekte daha az protein denatürasyonu ve daha az C vitamini kaybı gözlemlenmiştir. Isıyla pastörize edilen içeceklerin ise daha yoğun viskoziteye sahip olduğu buna karşın PEF ile proses edilen içekte rengin doğal portakal suyuna daha yakın olduğu belirtilmiş ve ısıyla işlem gören içekte hafif bir beyazımsı renk gözlemlendiği bildirilmiştir. PEF ile proses edilen ürün buzdolabı sıcaklığında 5 ay mikrobiyal dayanıklılığa sahipken ısıyla işlem gören ürünün 12 ay veya daha uzun dayanıklılığa sahip olduğu rapor edilmiştir (SHARMA ve ark., 1998).

PEF ve ısı+PEF uygulamalarının kızılçık suyu ve çikolatalı süt üzerine etkileri araştırıldığı çalışmada kızılçık suyu PEF ve ısı (60°C)+PEF, çikolatalı süt ise PEF ve ısı (105 ve 112 °C)+PEF'e tabi tutulmuşlardır. Mikrobiyolojik analizler ve renk ölçümleri işlem görmemiş ve görmüş kızılçık suyu ile aseptik paketlenen çikolatalı sütte (119 ve 197 gün süresince 4, 22 ve 37°C'de depolanma) yapılmıştır. Kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında kızılçık suyu PEF ve ısı+PEF'e tabi tutulduğunda 22 ve 37°C'de raf ömrü artmıştır. Buna karşın çikolatalı sütün raf ömrü ise tüm depolama

sıcaklıklarında artmıştır. Gerek ikolatalı sütte gerekse kızılıık suyunda yapılan uygulamalardan sonra renk değişimi gözlenmemiştir (EVRENDİLEK ve ark., 2001).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Meyve suyu hazırlamasında Hatay İl sınırları içerisinde yetiştirilen havuçlar kullanılmıştır. %70 demineralize peynir altı suyu (mineral içeriği %70 oranında uzaklaştırılmıştır) Astosan Süt ve Gıda A.Şti'nden (Balıkesir, TÜRKİYE), asitliği düzenlemek için kullanılan sitrik asit Eurokim Endüstriyel ve Gıda Kimyasalları San. ve Tic. Ltd. Şti'nden (İstanbul, TÜRKİYE) ve prebiyotik faktör olarak kullanılan inülin ve oligofruktoz Artısan Gıda Kimyasalları San. ve Tic. Ltd. Şti'nden (İstanbul, TÜRKİYE) temin edilmiştir.

3.1.2. *Escherichia coli* O157:H7 Kültürü

Çalışmada kullanılan *Escherichia coli* O157:H7 (EDL 931 04054) kültürü Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Ulusal Tip Refik Saydam Kültür Koleksiyonu (RSKK) Laboratuvarı'ndan (Ankara) temin edilmiştir. Liyofilize halde laboratuvara getirilen kültür öze ile içerisinde Tryiptik Soy Broth (TSB) (Fluka, ALMANYA) bulunan tüplere aktarılıp 37°C'de 18 saat inkübasyonla aktive edilmiştir. Elde edilen sıvı kültürler iki kez TSB tüplerine aktarılıp inkübasyona tabii tutulmuş ve ikinci aktarmadan sonra kontrol örneklerindeki mikroorganizma sayısı 10^6 - 10^7 kob/ml olacak şekilde fonksiyonel havuç içeceğine inoküle edilmiştir

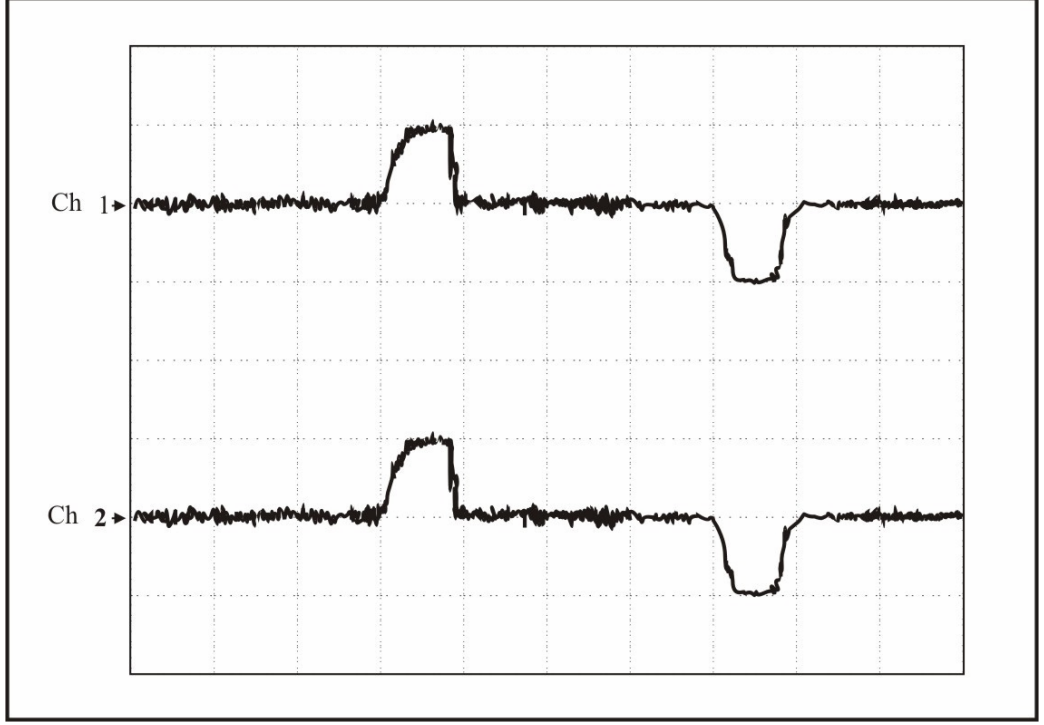
3.1.3. Atımlı Elektrik Akım (PEF) Jeneratörü

Deneylerde laboratuvar ölçekli sürekli-kontinü- OSU-4A (Şekil 3.1) atımlı elektrik akımı jeneratörü kullanılmıştır. PEF atım jeneratörüne monte edilmiş ve birbirine paralel olarak bağlanmış 0.23 cm çap ve birbirlerinden 0.292 cm uzaklığa sahip elektrotları içeren; elektrik akımı ve gıdanın birbirine paralel olarak akışını sağlayan 6

adet uygulama odacığı ürünün prosesinde yer almıştır. Her bir uygulama odacığından önce ve sonra sıvı örneğin uygulama odacıklarına taşınımını sağlayan ince paslanmaz çelik boruların dış kısmına yerleştirilmiş olan K-tipi sıcaklık ölçüm cihazları ile giriş ve çıkış sıcaklıkları (t_2-t_1 , t_4-t_3 ve t_6-t_5) ölçülmüştür (Fisher Scientific, Pittsburgh, PA, ABD). Her bir çift uygulama odacığından geçen örnek 10°C ye ayarlanmış olan su banyosu içerisine daldırılan soğutma üniteleri vasıtası ile soğutulmuştur. Uygulanan elektrik akımının frekansı, her bir atımın dalga genişliği ve ard arda gelen iki dalga arasındaki genişlik atım jeneratörü (Model 9310 Pulse Generator, Quantum Composer Inc., Bozeman, MT, ABD) vasıtasıyla ayarlanmıştır. İki kutuplu kare dalga boyu uygulanmış olup (Şekil 3.2); uygulanan dalga boyunun elektrik akım şiddeti ve akıma karşı oluşturulan direnci osiloskop vasıtasıyla ölçülmüştür (Model TDS 210 Two Channel Digital Real Time Oscilloscope, Tektronix Inc., Beaverton, Oregon, ABD). Gıdanın sabit akış hızında uygulama odacıklarına taşınımı için dişli pompa (EW-07002-23 model, Cole Palmer, Inst., Company, Vernon Hills, IL, ABD) kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Deneyleerde kullanılan laboratuvar ölçekli PEF sistemi.



Şekil 3.2. İki kutuplu kare şeklinde uygulanan elektrik atım dalgası *(Ch1 uygulanan elektrik akım şiddetini (voltaj) Ch2 ise direnci göstermektedir).

3.2. METOT

3.2.1. Fonksiyonel Havuç İçeceğinin Hazırlanması

Satın alımı yapılan havuçlar katı meyve mikserinde sıkılarak ve değişik miktarda peynir altı suyu, şeker, inülin, oligofruktoz, peynir altı suyu tozu ve sitrik asit ilave edilerek tüketilebilir nitelikte içeceğin üç farklı prototipi hazırlanmıştır.

Birinci aşamada hazırlanan prototipe ait üç farklı formülasyon yukarıda söz edilen bileşenlerin değişik oranları katılarak üretilmiş olup (Çizelge 4.1) ikinci aşamada uygulanan duyu panel neticesinde en beğenilen prototip ana formül olarak belirlenip PEF prosesinde kullanılmıştır. Üçüncü aşamada ise duyu analizlerde en fazla beğenilen prototip atımlı elektrik akımı ile proses edilmiş; fiziksel, kimyasal, ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır.

3.2.2. Atımlı Elektrik Akımı ile Fonksiyonel Havuç İeeğinin Prosesi

Fonksiyonel havuç ieeğinin prosesi için değişik parametreler denenmiş olup ürünün pompa vasıtası ile akışı, viskozitesi ve kondaktivitesi göz önünde bulundurularak optimum parametreler belirlenmiş ve bu bağlamda elektrik akım şiddeti (kV/cm) ve uygulama süresi (μs) bağımsız değişken olarak ele alınmıştır. Bu amaçla 40ml/dak akış hızı, 3 μs atım genişliği, 20 μs iki atım arasındaki zaman aralığı ve 500 atım/saniye frekans olarak belirlenmiş olup bu parametreler sabit iken elektrik akımı şiddeti değişken olarak ele alınmış olup 0 (kontrol), 13, 17, 20, 23 ve 27kV/cm uygulanmaları ve 164 μs uygulama süresinde gerçekleşmiştir. Benzer şekilde akış hızı, atım genişliği ve iki atım arasındaki zaman aralığı sabitken uygulama süresi değişik frekanslar uygulayarak değiştirilmiş olup uygulama süreleri 17kV/cm elektrik akım şiddetinde 0 (kontrol), 82, 131, 164, 196 ve 262 μs olarak belirlenmiştir.

3.2.3. Fiziksel ve Kimyasal Analizler

3.2.3.1. Asitlik

Homojen olarak alınan 10 ml örneğın asitliği Orion 420 A model pH metre (İnolab WTW, ALMANYA) ile ölçülmüştür.

3.2.3.2. Titrasyon Asitliği

Homojen olarak alınan 10 ml örnek 0.5 ml fenolfitalein ayıracı eklendikten sonra 0.1N NaOH ile titre edilmiştir. Titrasyonda harcanan NaOH kaydedilip sonuçlar AOAC (1990)'ye göre hesaplanmıştır.

3.2.3.3. °Briks

Suda çözünen toplam kuru madde (°Briks) tayini 507-1 model refraktometre (Nippon Optical Works Co. Ltd, JAPAN) kullanarak yapılmıştır. Sonuçlar Briks derecesi olarak belirtilmiştir.

3.2.3.4. Kondaktivite Ölçümü

Elde edilen meyve suyunun kondaktivitesi Sension 5 model, (HACH, CO, ABD) el kondaktivitesi yardımı ile ölçülmüş ve sonuçlar mS/cm olarak belirtilmiştir.

3.2.3.5. Renk Ölçümü

Renk ölçümü Hunter Lab Color Flex Spektrofotmetresi (Hunter Associates Laboratory Inc., Reston VA, ABD) kullanılarak yapılmış olup; sonuçlar CSI sisteminde L (0: açıklık, 100: koyuluk), a (- : yeşillik, + kırmızılık) ve b (-: mavilik, + : sarılık) değerleri olarak verilmiştir.

3.2.3.6. Esmerleşme İndeksi

PEF proses öncesi ve sonrasında alınan örnekler 9418xg'de 5 dak süresince santrifüj edilmiş (Hettich Universal 32R D78532 model, ALMANYA) ve üstte kalan berrak kısım toplanarak 0.45mm şırınga filtresinden süzildükten sonra oda sıcaklığında 420 nm dalga boyunda UV/VIS spektrofotometre (Perkin Elmer Lambda 25 model, Massachusetts, ABD) yardımı ile absorbans ölçümü yapılmıştır (YEOM ve ark., 2000).

3.2.3.7. Kuru Madde Tayini

Kuru madde tayini amacıyla etüvde kurutma yöntemi kullanılmıştır. 105°C deki etüvde kurutulmuş darası alınmış olan cam kaplara homojen olarak alınmış örneklerden 5 gr tartılmıştır. Örnekler 105°C'ye ayarlı etüvde 12 saat kurutulmuş ve süre sonunda etüvden alınarak desikatörde oda sıcaklığına getirildikten sonra 0.01mg hassasiyetli terazide tartılmıştır. Aşağıdaki hesaplama yöntemiyle örneklerdeki nem miktarı % olarak belirlenmiştir (AOAC,1990).

$$\% \text{ Nem} = \frac{G2 - G}{G1 - G} \times 100$$

G2:örneğin etüvde kurutulduktan sonraki ağırlığı

G1:örneğin etüvde kurutmadan önceki ağırlığı

G: örneğin tartıldığı kabı darası

3.2.3.8. Ham Kül Tayini

Kurutularak darası alınmış porselen krozelere homojen olarak alınmış getirilmiş örneklerden 5 gr tartılarak, yakma fırınında 550°C de 4 saat boyu yakılmışlardır. Rengi açık gri-beyaz renge gelen örnekler kül fırınından alınarak desikatöre yerleştirilmiş ve oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra 0.01 mg hassasiyetli terazide tartılarak % kül miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (AOAC,1990).

$$\% \text{ Ham kül} = \frac{A2 - A}{A1 - A} \times 100$$

A2: örneğin kül fırınında yakıldıktan sonraki ağırlığı

A1: örneğin kül fırınında yakılmadan önceki ağırlığı

A: örneğin tartıldığı kabı darası

3.2.3.9. Ham Protein Tayini

Ham protein Kjeldahl yöntemi ile tayin edilmiştir. Havuç içeceğinden 1 gram örnek Kjeldahl tüpüne konulmuş ve üzerine 2 adet katalizör tablet eklenmiştir. Tüpler içerisine 30ml konsantre teknik sülfürik asit (% 96-98'lik) ilave edilmiş ve Kjeldahl tüpleri yakma ünitesine yerleştirilip tüplerdeki çözelti berraklaşmıca kadar yakmaya devam edilmiştir. Yakma işleminden sonra soğutulan tüplerin içine 70 ml su ilave edilmiş ve tekrar ısınan tüpler soğutulmuştur. Tüpler Gerhard Kjeldahl distilasyon ünitesine yerleştirilerek cihazdan otomatik olarak tüpler içerisine %40'lık sodyum hidroksit çözeltisinden 40 ml ilave edilmiş ve 5 dakika süre ile distilasyona tabi tutulmuştur. Distilat daha önce hazırlanmış olan ve içerisinde indikatör bulunan 25 ml borik asit çözeltisi içerisinde toplanmıştır. Distilasyon tamamlandığında distilat açık yeşil bir renk almıştır. Daha sonra bu çözelti 0.1 N HCl ile renk dönüşümü açık gri oluncaya kadar titre edilmiştir. Bunun yanı sıra örnek içermeyen kör deneme de yapılmıştır. Ham protein değeri aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

$$\% \text{Azot} = \frac{(A-B) \times 0.1 \times 14.01}{W} \times 100$$

A: Titrasyonda kullanılan asitin hacmi (ml)

B: Kör deneme için kullanılan asit sarfiyatı (ml)

W: Alınan örnek miktarı (g)

% Ham protein = 5.70x %N

3.2.3.10. Ham Yağ Tayini

Ham yağ tayininde Bligh & Dyer metodu kullanılmıştır. 10 gram örnek 200 ml erlenmayer içerisine konularak üzerine 20 ml kloroform (CHCl₃), 40 ml metanol (MeOH) ve 10 ml distile su pipet ile erlenmayer içerisine ilave edilmiştir. Karışım 1 dakika homojenize edilip homojenizasyon süresince tüpler buzlu su içerisine daldırılarak ısınmanın etkisiyle oluşabilecek buharlaşma önlenmiştir. Daha sonra

üzerine 20 ml CHCl_3 ilave edilip 30 saniye süreyle homojenizasyon işlemine devam edilmiştir. Karışımın üzerine tekrar 20 ml su ilave edilip nihai olarak 30 sn süre ile tekrar homojenizasyona tabi tutulmuştur.

Homojenat 50 ml lik plastik tüplere eşit miktarda bölünerek 20 dakika süre ile 2000 rpm de santrifüj edilmiş ve faz ayrımından sonra tüplerin aşağı kısmında kalan yağ kloroform karışımından 20 ml alınarak önce su banyosu yardımı ile kloroformu buharlaştırıldıktan sonra 105°C de 30 dakika etüvde kurutulup soğutulmuş ve daha sonra örnekler tartılarak çıkan sonuç % yağ olarak ifade edilmiştir (AOAC, 1990).

3.2.3.11. Metal İyon Konsantrasyonu

Elektrotlardan oluşabilecek metal iyon konsantrasyonunun tespiti amacıyla PEF prosesi öncesi ve sonrası havuç içeceğinden alınan örnekler Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezinde bulunan ICP-AES cihazında (Varian Liberty Series II, Victoria, AUSTRALIA) Al (396.152 nm), Ca (317.933 nm), Cd (228.802 nm), Co (228.616 nm), Cr (267.716 nm), Cu (324.754nm) , Fe (259.940 nm), K (766.490 nm), Mg (279.553 nm), Mn (257.610 nm), Na (588.995 nm), Ni (221.647 nm), Pb (220.353 nm), Sb (217.581 nm), Se (196.026 nm), Sr (407.771 nm), ve Zn (213.856 nm) elementleri için analize tabii tutulmuştur. Bu amaçla 1 ml örnekler asitle yıkanmış teflon tüplere aktarılmış ve 10 ml %10'luk HNO_3 eklenerek asitlendirilmiştir.

Daha sonra elde edilen karışım, distile su ile 20 ml ye tamamlanmış ve mikrodalga fırında (CEM Mars 5, NC, ABD) %50 güç ayarında 12 dak süresince ısıtılmıştır. Mikrodalgada ısıtma işlemi elde edilen distilat saydam renkte olana kadar devam edilmiştir. Bu distilattan 1 ml alınarak distile su ile 10 ml ye tamamlanmıştır. Cihazda aşağıda belirtilen koşullarda analizler yapılmıştır (NIKDEL ve TEMELLİ 1987; SIMPKINS ve ark., 2000). Standart olarak ICP-AES multi standart kullanılmıştır.

Torch	: Demountable Quartz
Nebulizer	: Concentric Glass
Plasma gaz hızı	: 15L/dak
Auxiliary	: 1.5 L/dak
PMT voltaj	: 650 V

Güç	: 1.0 W
İntegrasyon zamanı	:1.5 sn
Pompa hızı	:15 rpm
Numune seyreltme süresi	: 15 sn
Replikasyon	: 3 sn

3.2.3.12. C Vitamini Tayini

C vitamini analizi için yüksek performanslı sıvı kromatografisi (Shimadzu Columbia, USA) kullanılmıştır. Analizler için ters fazlı C-18 kolonu (5µm partikül büyüklüğü, 4.6 mm çap, 250 mm uzunluk) kullanılmıştır. Mobil faz olarak 10:90 (v/v) oranında hazırlanmış metanol ve asitlendirilmiş su karışımı kullanılmış olup kullanılan su % 0.01 (v/v) oranında fosforik asit ile asitlendirilmiş ve 0.45 µm çapındaki membran filtrelerden geçirilerek süzölmüş ve kolona verilmeden önce 1 mL/dak hızında akışa sahip helyum gazı ile içerisindeki hava kabarcıkları uzaklaştırılmıştır. Standart kalibrasyon eğrisi 5, 10, 30, 40, 50 ve 80 ppm konsantrasyonlarında L-askorbik asit (Sigma, ALMANYA) kullanarak elde edilmiştir. Bu amaçla elde edilen fonksiyonel havuç içeceği 9418 g çekim gücü etkisinde 10 dak santrifüj edilmiş ve üstteki fazdan 10µL alınarak HPLC cihazına verilmiştir.

3.2.4. Mikrobiyolojik Analizler

3.2.4.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayımı

Havuç içeceğinden steril olarak alınan 25 ml örnekler % 0.1 lik pepton su ile seyreltilerek uygun dilüsyonlardan 100 µl alınıp daha önceden hazırlanmış olan Plate Count Agar'a (PCA, Fluka, ALMANYA) yayma yöntemi ile ekim yapılmıştır. Ekim yapılan petri kutuları 35±2°C de 48 saat süre ile inkübasyona bırakılmış ve oluşan koloniler sayılıp sonuçlar log₁₀ kob/ml olarak verilmiştir.

3.2.4.2. Toplam Maya ve Küf Sayımı

Havuç ieeğinden steril olarak alınan 25 ml örnekler % 0.1'lik pepton su ile seyreltilerek uygun dilüsyonlardan 100 µl alınıp daha önceden hazırlanmış ve %10 tartarik asit ile asitlendirilmış Potato Dextrose Agar'a (PDA, Fluka, ALMANYA) yayma yöntemi ile ekim yapılmıştır. Ekim yapılan petri kutuları 22±2°C de 5-7 gün süre ile inkübasyona bırakılmış ve oluşan koloniler sayılıp sonuçlar log₁₀ kob/ml olarak verilmiştir.

3.2.4.3. Toplam Enterobacteriaceae Sayımı

Havuç ieeğinden steril olarak alınan 25 ml örnekler % 0.1'lik pepton su ile seyreltilerek uygun dilüsyonlardan 100 µl alınıp daha önceden hazırlanmış olan Violet Red Bile Agar'a (VRBA, Fluka, ALMANYA) yayma yöntemi ile ekim yapılarak ekim yapılan petri kutuları 35±2°C de 48 saat süre ile inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon sonucunda oluşan koloniler sayılıp sonuçlar log₁₀ kob/ml olarak verilmiştir.

3.2.4.4. Toplam *Escherichia coli* O157:H7 Sayımı

İnoküle edilmiş olan havuç ieeğinden steril olarak alınan 25 ml örnekler % 0.1'lik pepton su ile seyreltilerek uygun dilüsyonlardan 100 µl alınıp daha önceden hazırlanmış olan McConkey Sorbitol Agar'a (Fluka, ALMANYA) yayma yöntemi ile ekim yapılmıştır. Ekim yapılan petri kutuları 35±2°C de 48 saat süre ile inkübasyona bırakılıp oluşan koloniler sayılmış ve sonuçlar log₁₀ kob/ml olarak verilmiştir.

3.2.5. Duyusal analizler

Farklı formülasyonlar kullanarak üretilen  farklı havuç ieği prototiplerinde renk, tatlılık, ekşilik, havuç tadı yoğunluğu, ve peynir tadı yoğunluğu 5'li skala kullanılarak test edilmiş olup (0:kötü-az, 5:iyi-çok), ağızda bıraktığı his ve genel kabul

edilebilirlik açılarından içeceklerin duyusal analizi 9’lu skala (0: kabul edilemez, 9: kabul edilir) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.6. Veri analizi

Elde edilen veriler Minitab (13.2 versiyonu, Minitab Inc., State College PA, USA) kullanılarak analiz edilmiş olup tek ve/veya iki yönlü ANOVA kullanılarak % 95 güvenlik aralığında veri analizi gerçekleştirilmiştir. Elektik akım şiddeti ve uygulama süresine bağlı olarak yapılan deneylerde uygulamalar arasındaki farklılıklar Tukey’s çoklu karşılaştırma testi kullanılarak yapılmıştır. Her bir deney en az  kez tekrarlanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Değişik prototipler arasından atımlı elektrik akımı ile proses edilecek olan fonksiyonel havuç ieinin formülasyonunun belirlenmesi

Fonksiyonel havuç ieinin üç farklı formülasyonu değişik oranlarda havuç suyu, şeker, peynir altı suyu tozu, inülin, oligofruktoz ve sitrik asit eklenerek oluşturulmuştur. Bu amaçla ilk formülasyondan farklı olarak üçüncü formülasyonda sitrik asit kullanılmış olup temel olarak formülasyonlarda havuç suyu en fazla kullanılan bileşen olmuştur (Çizelge 4.1). İlk aşamada üç değişik prototip belirlendikten sonra 35 kişilik bir panel tarafından renk, kıvam, tatlılık, ekşilik, havuç tadı yoğunluğu, peynir tadı yoğunluğu, ağızda bıraktığı his ve genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirilmiş olup panelistlerin son olarak üç formülasyon arasından birini tercih etmeleri istenmiştir.

Çizelge 4.1. Atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç ieinin prototiplerinin formülasyonları (%)

Formül	Havuç Suyu (%)	Demineralize Whey (%)	Inülin (%)	Oligofruktoz (%)	Şeker (%)	Sitrik Asit (%)
I	93.89	0.47	0.47	0.47	4.7	-
II	98.53	0.48	0.49	0.49	-	-
III	95.39	0.47	0.47	0.47	2.98	0.19

*Miktarlar % ağırlık olarak verilmiştir;

Duyusal analizler sonucunda her üç formülasyonda renk, kıvam, tatlılık, ekşilik, havuç tadı yoğunluğu, peynir tadı yoğunluğu, ağızda bıraktığı his ve genel kabul edilebilirlik açısından istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır ($P>0.05$). Fakat panelistlere üç formülasyondan birisini tercih etmeleri sorulduğu zaman %52 lik bir oranla üçüncü formülasyon, %36 lik oranla birinci ve %12 lik oranla ikinci formülasyon tercih edilmiştir ($P\leq 0.05$). Bu nedenle atımlı elektrik akımı (PEF) ile proses

çalışmalarında kullanılmak üzere üçüncü formülasyonun kullanılmasına karar verilmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç ieeğinin prototiplerinin duyuusal analizleri

Duyusal parametre	Formülasyon		
	I	II	III
Renk	3.24 ± 0.52 ^a	3.24±0.59 ^a	3.16±0.47 ^a
Kıvam	3.04± 0.45 ^a	2.80±0.64 ^a	3.04±0.2 ^a
Tatlılık	2.92± 0.95 ^a	1.96±1.09 ^a	2.56±0.91 ^a
Ekşilik	1.04 ± 1.33 ^a	0.8±1.08 ^a	3.52±0.91 ^a
Havuç tadı yoğunluğu	3.04 ± 0.73 ^a	2.16±1.02 ^a	2.68±1.02 ^a
Peynir tadı yoğunluğu	0.16 ± 0.37 ^a	0.36±0.99 ^a	0.40±0.91 ^a
Ağızda bıraktığı his	5.04±2.59 ^a	3.56±1.98 ^a	6.16±3.37 ^a
Genel kabul edilebilirlik	5.96±3.75 ^a	4.88±3.38 ^a	6.56±3.68 ^a
Tercih yüzdesi (%)	36 ^a	12 ^b	52 ^c

*Aynı satır içerisinde farklı üstsel harfle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($P\leq 0.05$)

4.2. Atımlı elektrik akımı ile prosesi yapılacak olan fonksiyonel havuç ieeğinin kompozisyonu

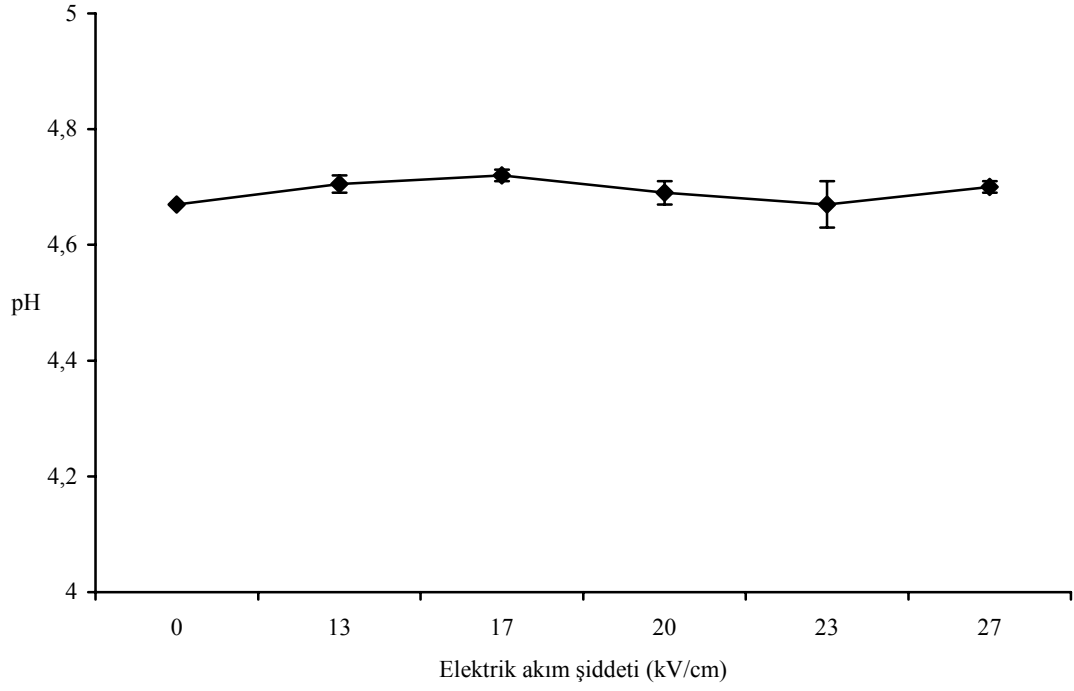
Farklı prototipler arasından PEF prosesi uygulanacak olan formülasyon belirlendikten sonra ürünün kuru madde, toplam kül, toplam yağ, toplam protein, pH, °Briks, titrasyon asitliği, kondaktivite ve renk (L, a ve b) değerleri ölçülmüş olup sözkonusu ieeğinin kompozisyonu belirlenmiştir. İeeğinin kuru madde oranı 79.64±0.50, toplam protein miktarı 18.75±0.40, toplam yağ miktarı 1.20±0.10 ve toplam kül miktarı 0.41±0.02 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç ieeğinin kompozisyonu

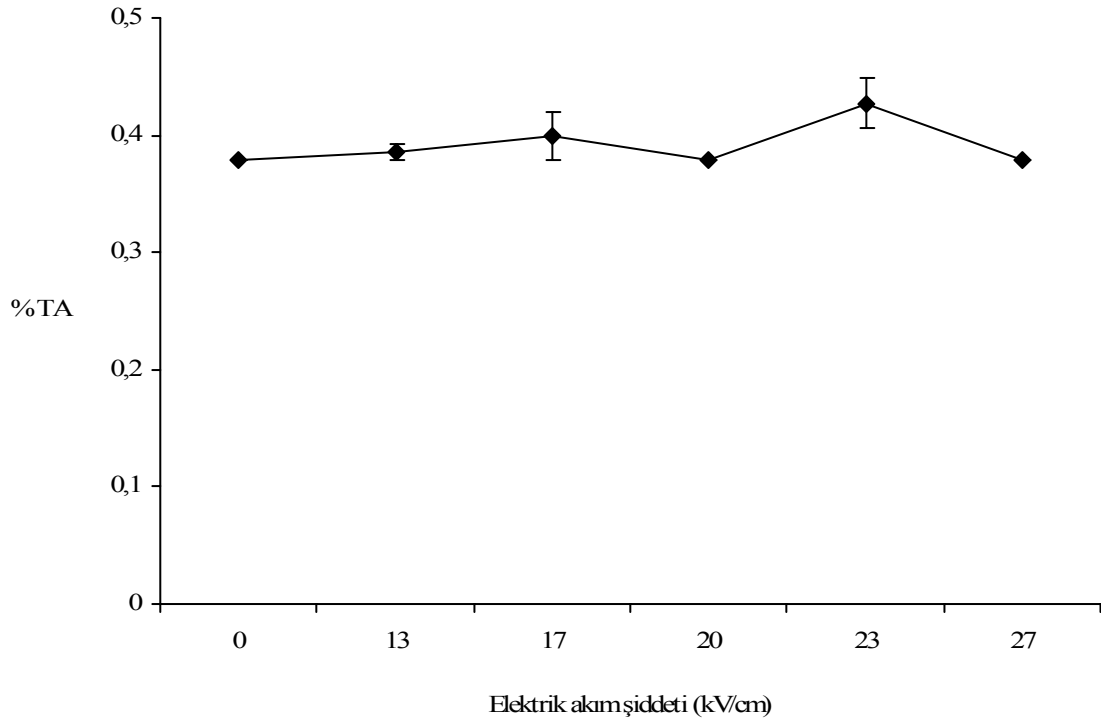
	Havuç ieeğinde ölçülen özellikler
Nem (%)	79.64±0.50
Toplam protein (%)	18.75±0.40
Toplam yağ (%)	1.20±0.10
Kül (%)	0.41±0.02
pH	4.77±0.07
°Briks	13.2±0.3
TA (%)	0.40±0.02
Kondaktivite (mS/cm)	6.12±0.11
Renk L değeri	48.70±0.36
a değeri	35.77±0.62
b değeri	53.99±0.65

4.3. Fonksiyonel havuç ieeğinin atımlı elektrik akımı ile prosesinde elektrik akım şiddetinin fonksiyonel havuç ieeğinin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi

Havuç ieeğinde kontrol örneklerin pH değeri 4.77±0.07 olarak tespit edilmiştir. Uygulanan 13, 17, 20, 23, ve 27 kV/cm'lik elektrik akım şiddetlerinde pH değeri sırasıyla 4.70±0.02, 4.72±0.01, 4.69±0.02, 4.67±0.05 ve 4.70±0.014 olarak ölçülmüş olup uygulanan elektrik akım şiddeti kontrol örnekleri ile kıyaslandığında istatistiksel açıdan önemli sayılabilecek bir farka neden olmamıştır ($P>0.05$) (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde pH ölçümü



Şekil 4.2. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde titrasyon asitliği ölçümü

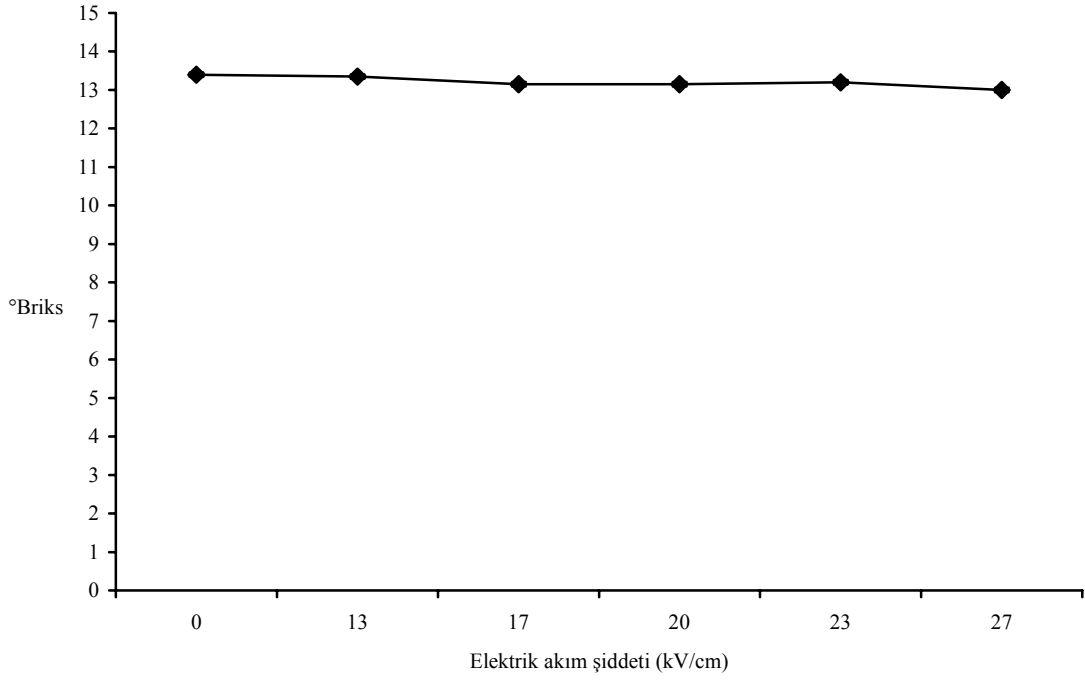
Uygulanan elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak titrasyon asitliği (TA) ölçümlerinde kontrol örneklerinin TA değeri 0.40 ± 0.02 olarak bulunmuş olup sırasıyla 13, 17, 20, 23, ve 27 kV/cm'lik elektrik akım şiddetlerinde TA 0.38 ± 0.07 , 0.39 ± 0.02 , 0.37 ± 0.00 , 0.42 ± 0.02 , 0.37 ± 0.04 olarak ölçülmüştür. Benzer şekilde elektrik akım uygulaması örneklerin TA değerinde önemli sayılabilecek bir farka neden olmamıştır ($P > 0.05$) (Şekil 4.2).

Havuç suyu içeceğinde kontrol örneklerinde °Briks 13.2 ± 0.00 olarak tespit edilmiş olup; 13, 17, 20, 23 ve 27 kV/cm'lik elektrik akım şiddetlerinde °Briks sırasıyla 13.4 ± 0.07 , 13.4 ± 0.07 , 13.35 ± 0.07 , 13.38 ± 0.00 ve 13.34 ± 0.30 olarak ölçülmüştür. Elde edilen veriler ışığında değişik oranlarda elektrik akımına maruz kalan örnekler kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan önemli sayılabilecek bir fark bulunmamıştır ($P > 0.05$) (Şekil 4.3).

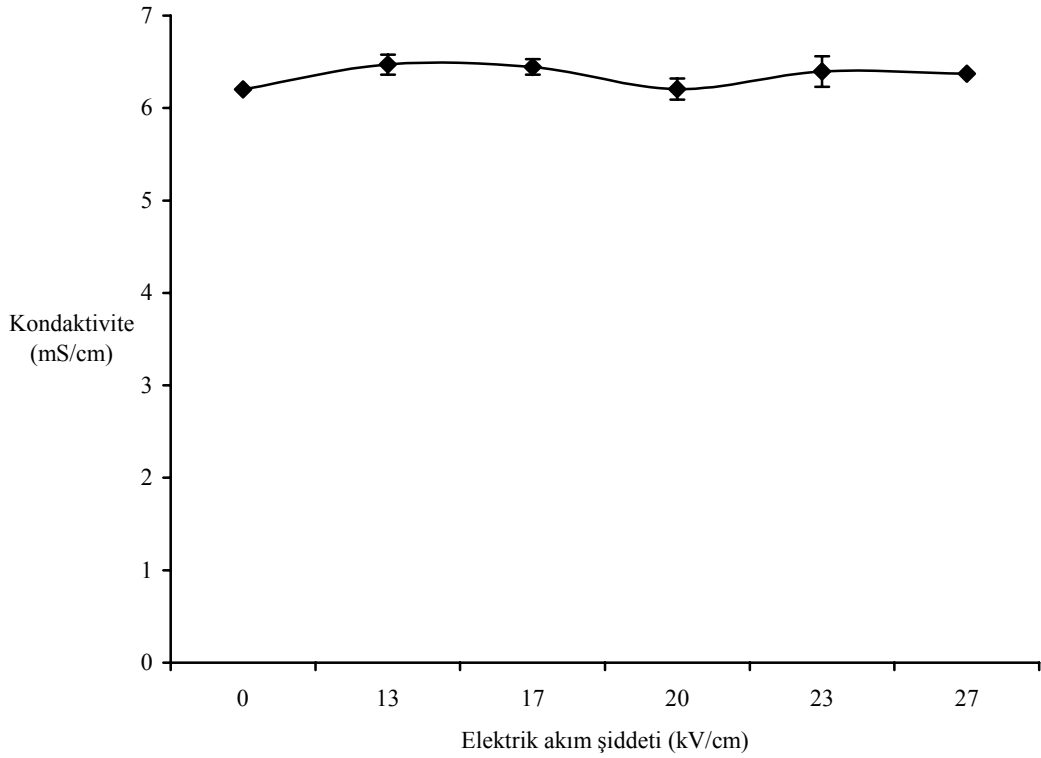
Proses edilmemiş kontrol örneklerinde kondaktivite değeri 6.12 ± 0.11 mS/cm olarak ölçülmüş olup 13, 17, 20, 23 ve 27 kV/cm'lik elektrik akım şiddetlerinin uygulanması sonrasında kondaktivite değerleri sırasıyla 6.47 ± 0.15 , 6.44 ± 0.12 , 6.20 ± 0.16 , 6.39 ± 0.23 ve 6.37 ± 0.00 olarak bulunmuştur. Kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan önemli sayılabilecek bir fark bulunmamıştır ($P > 0.05$) (Şekil 4. 4).

Fonksiyonel havuç suyunda L, a ve b değerleri sırasıyla 48.70 ± 0.36 , 35.77 ± 0.62 ve 53.99 ± 0.65 olarak ölçülmüştür. Uygulanan elektrik akım şiddetindeki artış renk değerlerinde önemli bir değişime yol açmamış olup söz konusu değerler elektrik akımının en yüksek derece uygulandığı 27 kV/cm değerinde 47.83 ± 0.69 , 35.53 ± 0.25 ve 53.39 ± 0.48 olarak tespit edilmiştir ($P > 0.05$) (Şekil 4.5).

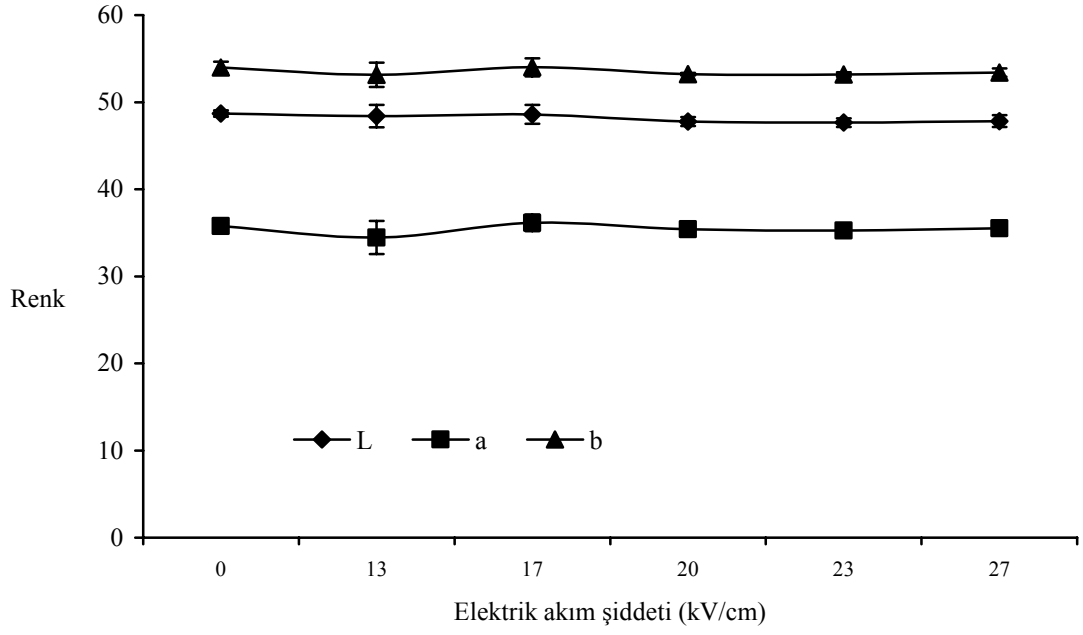
Uygulanan prosesin havuç içeceğinde esmerleşme reaksiyonlarına neden olup olmadığının tespiti için esmerleşme indeksi ölçümleri yapılmıştır. Kontrol örneklerinde 0.56 ± 0.04 olarak ölçülen absorbans artan elektrik akım şiddetlerinde sırasıyla 0.49 ± 0.03 , 0.52 ± 0.05 , 0.56 ± 0.05 , 0.54 ± 0.02 ve 0.52 ± 0.02 olarak tespit edilmiştir. Uygulanan elektrik akım şiddetindeki artış örneklerde esmerleşme reaksiyonlarına neden olmamıştır ($P > 0.05$) (Şekil 4.6).



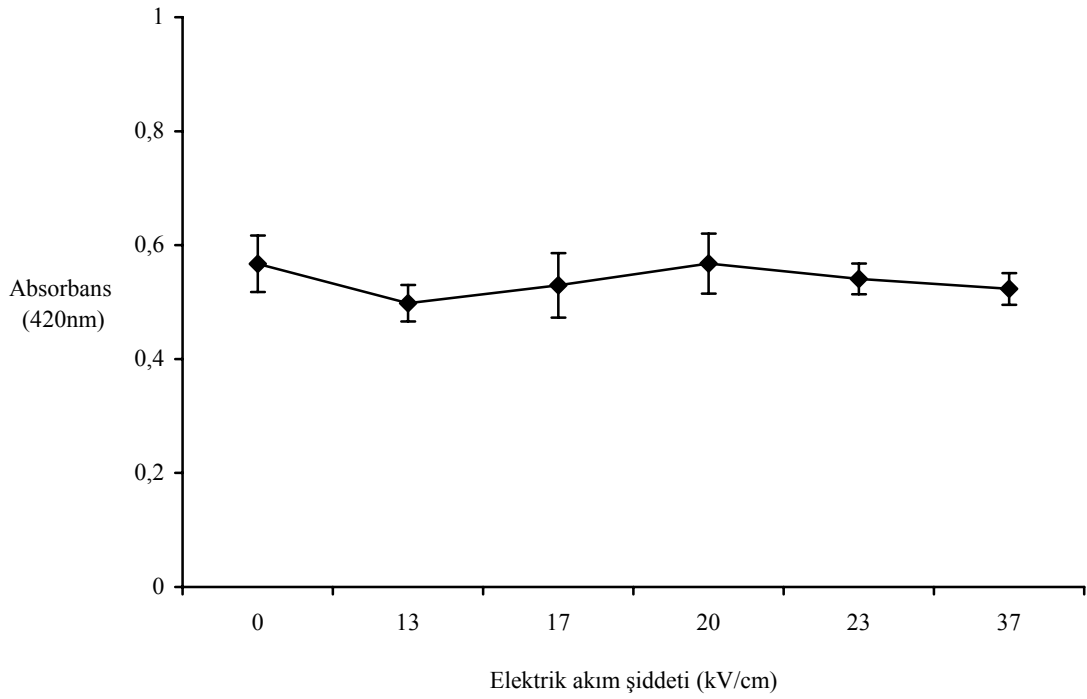
Şekil 4.3. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde °Briks ölçümü



Şekil 4.4. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde kondaktivite ölçümü



Şekil 4.5. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde renk (L, a ve b) ölçümü

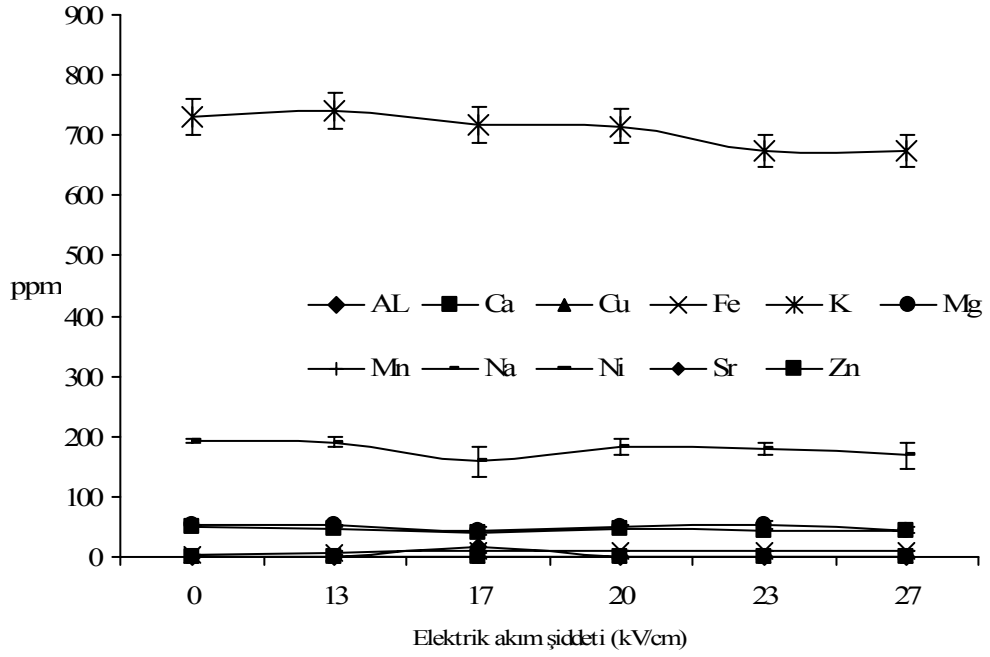


Şekil 4. 6. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde esmerleşme indeksi ölçümü

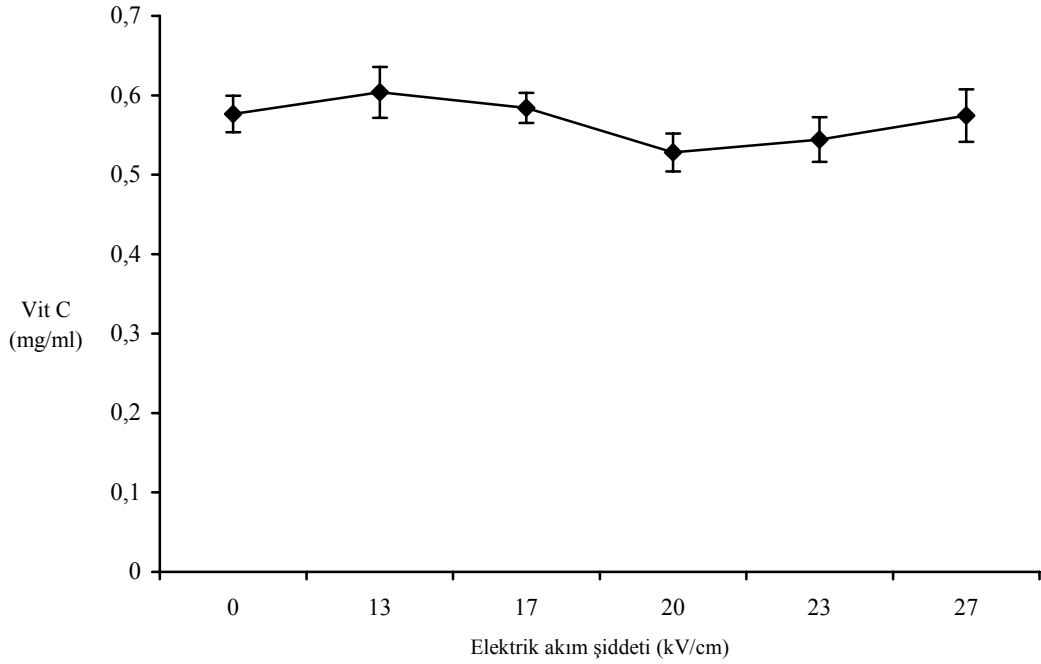
PEF prosesi sırasında elektrotlardan havuç içeceğine geçmesi muhtemel metal iyonlarının belirlenmesi ve formülasyondaki metal iyonlarının miktarını tespit için Al (396.152 nm), Ca (317.933 nm), Cd (228.802 nm), Co (228.616 nm), Cr (267.716 nm), Cu (324.754nm) , Fe (259.940 nm), K (766.490 nm), Mg (279.553 nm), Mn (257.610 nm), Na (588.995 nm), Ni (221.647 nm), Pb (220.353 nm), Sb (217.581 nm), Se (196.026 nm), Sr (407.771 nm), ve Zn (213.856 nm) ölçümleri yapılmıştır. Bu amaçla yapılan ölçümlerde gerek kontrol gerekse elektrik akımı uygulanan örneklerde en fazla miktarda potasyum bulunmuş olup kontrol örneklerinde 730.57 ± 84.47 ppm potasyum tespit edilmiştir. Uygulanan elektrik alan şiddetindeki artış üründe tespit edilen potasyum miktarında önemli bir değişime neden olmamıştır. Elektrik akım şiddetinin en yüksek oranda uygulandığı 27 kV/cm değerinde potasyum miktarı 624.66 ± 77.97 olarak tespit edilmiştir ($P > 0.05$). Potasyumdan sonra kontrol örneklerinde miktar olarak en fazla miktarda sodyum (194.09 ± 3.22 ppm), magnezyum (52.67 ± 0.27 ppm) ve kalsiyum (48.43 ± 8.41 ppm) tespit edilmiştir. Benzer şekilde 27kV/cm lik elektrik akımı uygulandığında bu değerler sırasıyla 167.72 ± 21.36 , 43.94 ± 3.92 ve 41.51 ± 5.81 ppm olarak ölçülmüştür ($P > 0.05$). Ölçümü yapılan diğer metal iyonları ise iz miktarda tespit edilmiş olup uygulanan elektrik akımındaki artış ölçümü yapılan hiçbir iyon miktarında değişikliğe neden olmamıştır ($P > 0.05$) (Şekil 4.7).

Elektrik akım şiddetine karşı askorbik asit miktarının tayininde artan elektrik akım şiddetinin askorbik asit miktarında bir değişime neden olmadığı tespit edilmiştir. Buna göre kontrol örneklerinde 0.57 ± 0.02 olarak tespit edilen askorbik asit miktarı 13, 17, 20, 23 ve 27kV/cm elektrik akım şiddetlerinde sırasıyla 0.60 ± 0.03 , 0.58 ± 0.01 , 0.52 ± 0.02 , 0.54 ± 0.02 ve 0.57 ± 0.03 olarak belirlenmiştir ($P > 0.05$) (Şekil 4.8).

Kontrol havuç suyu içeceklerinde toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı $7.15 \pm 0.43 \log_{10}$ kob/ml olarak belirlenmiş olup 13, 17, 20, 23 ve 27 kV/cm elektrik akım uygulamaları sonrasında canlı kalan TAMB sayısı sırası ile 6.44 ± 0.54 , 5.57 ± 0.75 , 5.21 ± 0.60 , 4.01 ± 0.42 ve $3.10 \pm 0.22 \log_{10}$ kob/ml olarak tespit edilmiştir. Uygulanan elektrik akımının her artışında inaktivasyonda önemli derecede artış kaydedilmiştir ($P \leq 0.05$) (Şekil 4.9).



Şekil 4.7. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde metal iyon konsantrasyonu ölçümü

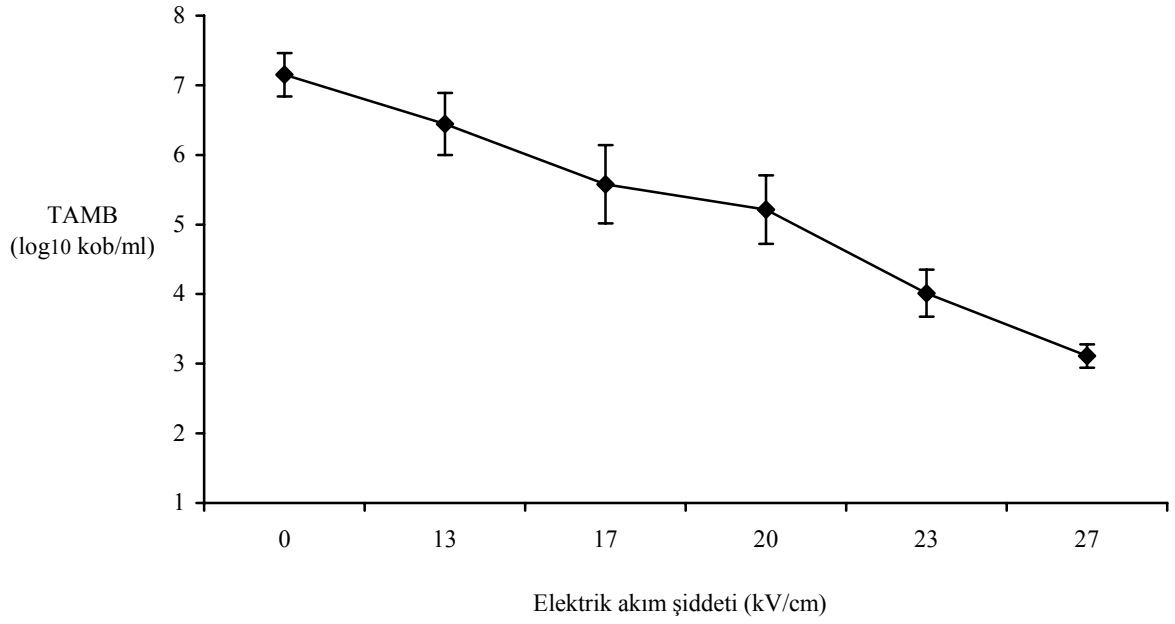


Şekil 4.8. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde C vitamini tayini

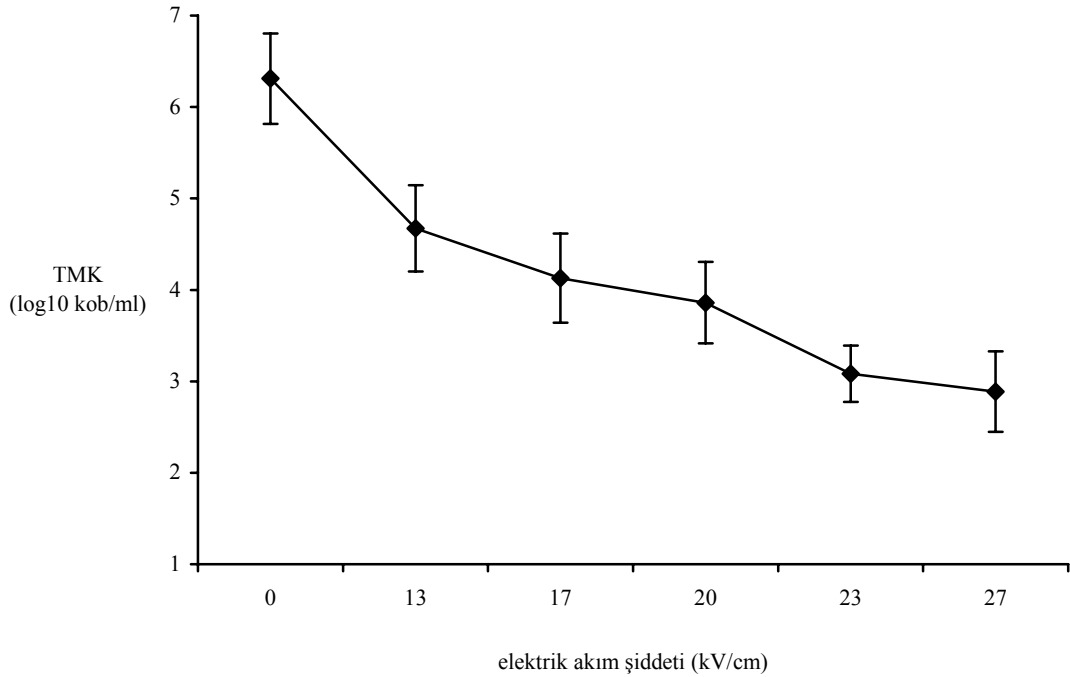
Uygulanan elektrik akım şiddetinin toplam maya ve küf sayısındaki inaktivasyonuna bakıldığında artan elektrik akım şiddetinin inaktivasyonu arttırdığı görülmektedir. Kontrol örneklerinde $6.31 \pm 0.66 \log_{10}$ kob/ml olarak tespit edilen toplam maya küf sayısı 27kV/cm elektrik akımı uygulamasından sonra $2.88 \pm 0.54 \log_{10}$ kob/ml olarak ölçülmüştür. Uygulanan elektrik akımının şiddetindeki artışa ters orantılı olarak maya ve küf sayısında azalma tespit edilmiş ve bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$) (Şekil 4.10).

Toplam enterobacteriaceae (TE) sayısı kontrol örneklerinde $6.32 \pm 1.18 \log_{10}$ kob/ml olarak tespit edilmiş olup uygulanan elektrik akımın artması ile başlangıç sayısında önemli oranda azalma tespit edilmiştir. Elektrik akım şiddeti 13, 17, 20, 27 ve 30 kV/cm olduğunda toplam enterobacteriaceae sayısı sırasıyla 6.23 ± 0.79 , 5.41 ± 0.80 , 4.88 ± 1.20 , 3.54 ± 0.21 ve $2.86 \pm 0.43 \log_{10}$ kob/ml olarak belirlenmiştir ($P \leq 0.05$) (Şekil 4.11).

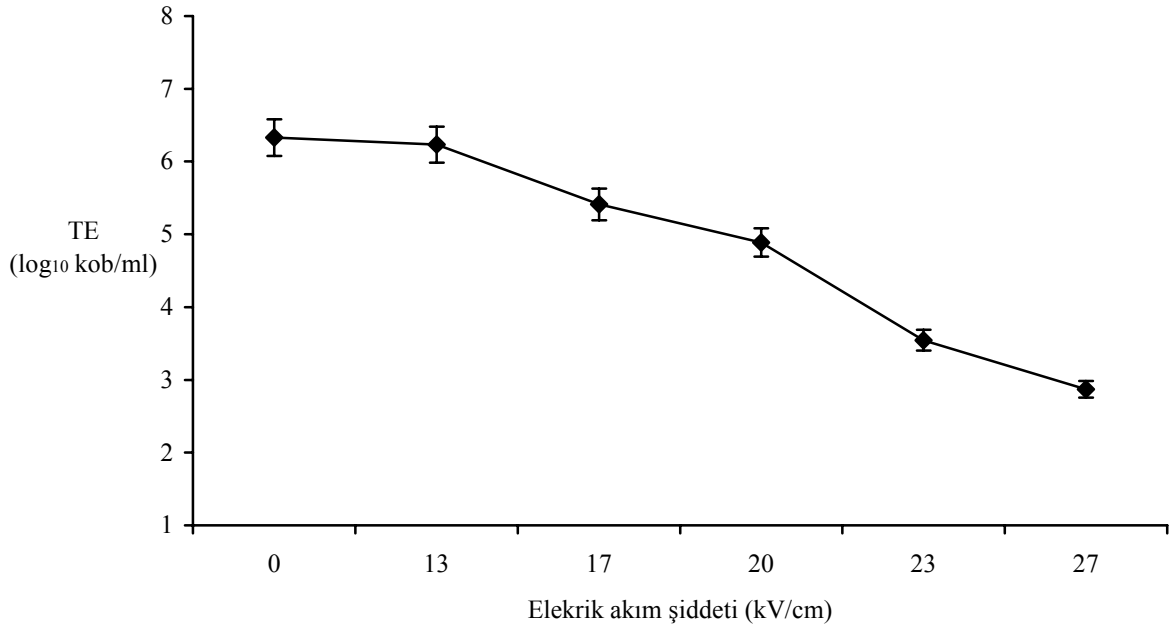
Fonksiyonel havuç içeceğine inoküle edilen *E. coli* O157:H7 sayısı kontrol örneklerinde $8.15 \pm 0.27 \log_{10}$ kob/ml olarak belirlenmiştir. Kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığı zaman 13 kV/cm lik elektrik akım uygulaması istatistiksel olarak önemli sayılan bir azalmaya yol açmıştır. Bu örneklerde canlı *E. coli* O157:H7 sayısı $7.58 \pm 0.22 \log_{10}$ kob/ml olarak tespit edilmiştir. 13 ile 17 ve 20 kV/cm lik uygulamalar arasında microbiyl sayımda azalma olmasına rağmen istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmazken 23 kV/cm lik elektrik akım uygulaması 13, 17 ve 20kV/cm lik elektrik akım uygulamalarına göre istatistiksel açıdan önemli sayılabiecek bir azalmaya neden olmuş ve canlı mikroorganizma sayısı $6.15 \pm 0.30 \log_{10}$ kob/ml olarak belirlenmiştir. Buna ilaveten 27kV/cm lik uygulama elektrik akımının diğer dozlarından daha fazla inaktivasyona neden olmuş ve toplam *E. coli* O157:H7 sayısı $4.59 \pm 0.19 \log_{10}$ kob/ml olarak tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$) (Şekil 4.12).



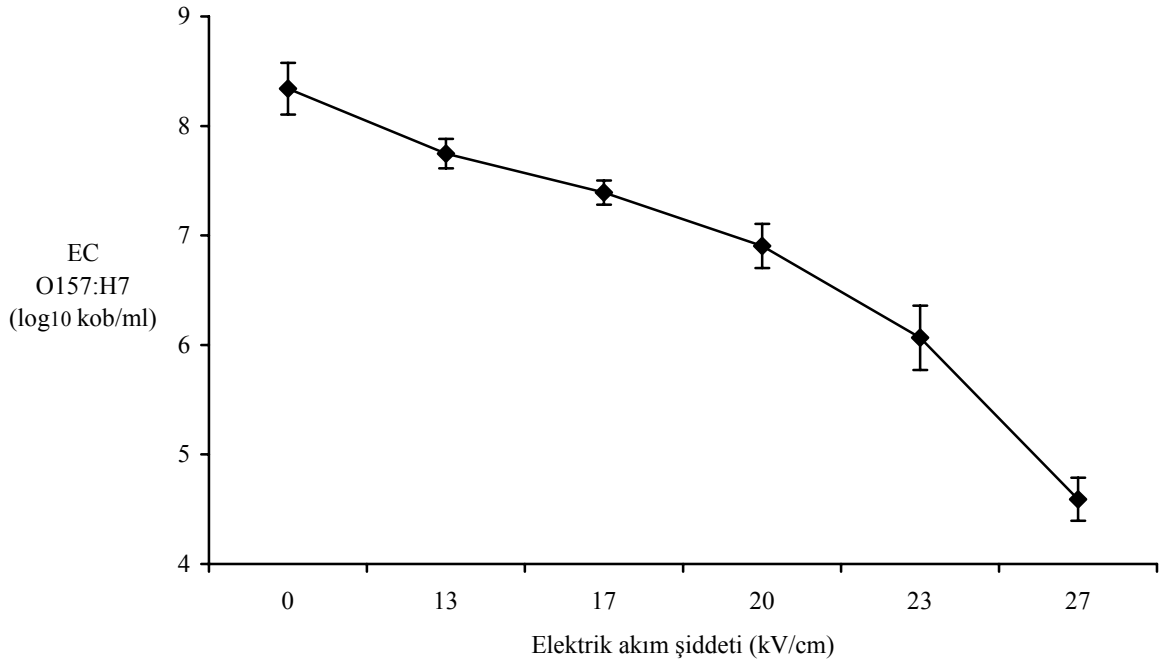
Şekil 4.9. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) inaktivasyonu



Şekil 4.10. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde toplam maya ve küf (TMK) inaktivasyonu



Şekil 4.11. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde toplam enterobacteriaceae (TE) inaktivasyonu



Şekil 4.12. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde *Escherichia coli* O157:H7 inaktivasyonu

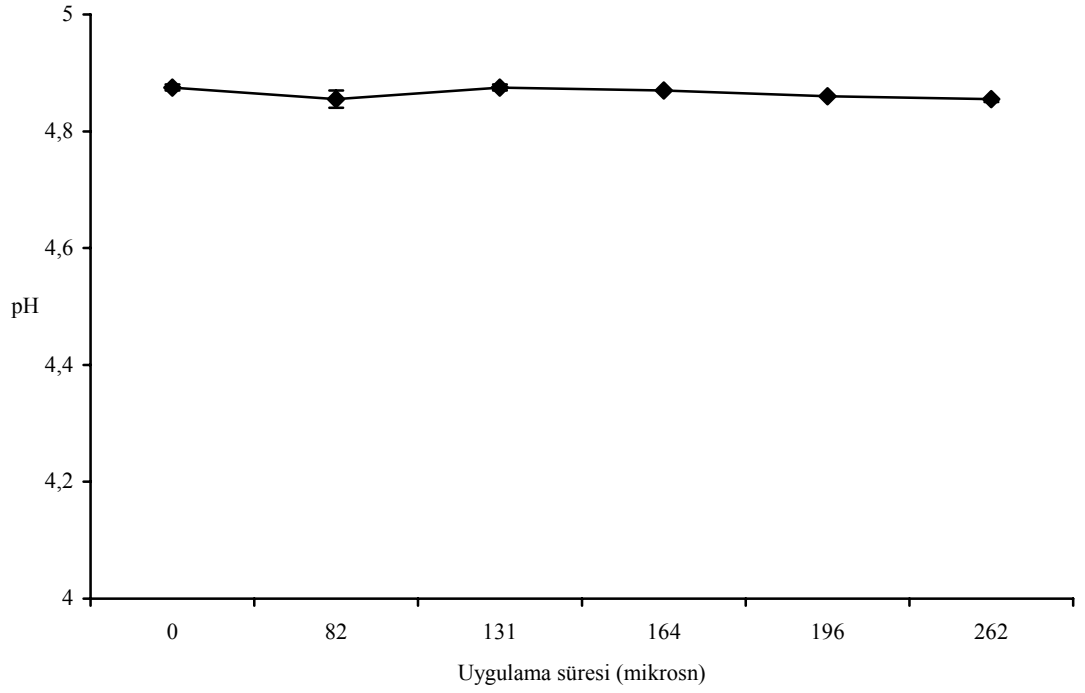
4.4. Fonksiyonel havuç ieeğinin atımlı elektrik akımı ile prosesinde uygulama süresinin fonksiyonel havuç ieeğinin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi

Elektrik akım şiddetine benzer şekilde uygulama süresi bağımsız değişken olarak ele alındığında uygulama süresinin en yüksek olduğu 262 μ s'de kontrol örneklerindeki pH 4.85 ± 0.07 olarak tespit edilmiştir. Bu deneylerde kullanılan fonksiyonel havuç ieeğinin kontrol örneklerinde pH değeri 4.87 ± 0.05 olarak belirlenmiştir. Uygulama süresindeki artış pH değerinde istatistiksel açıdan önemli sayılabilecek bir değişime yol açmamıştır ($P>0.05$) (Şekil 4.13).

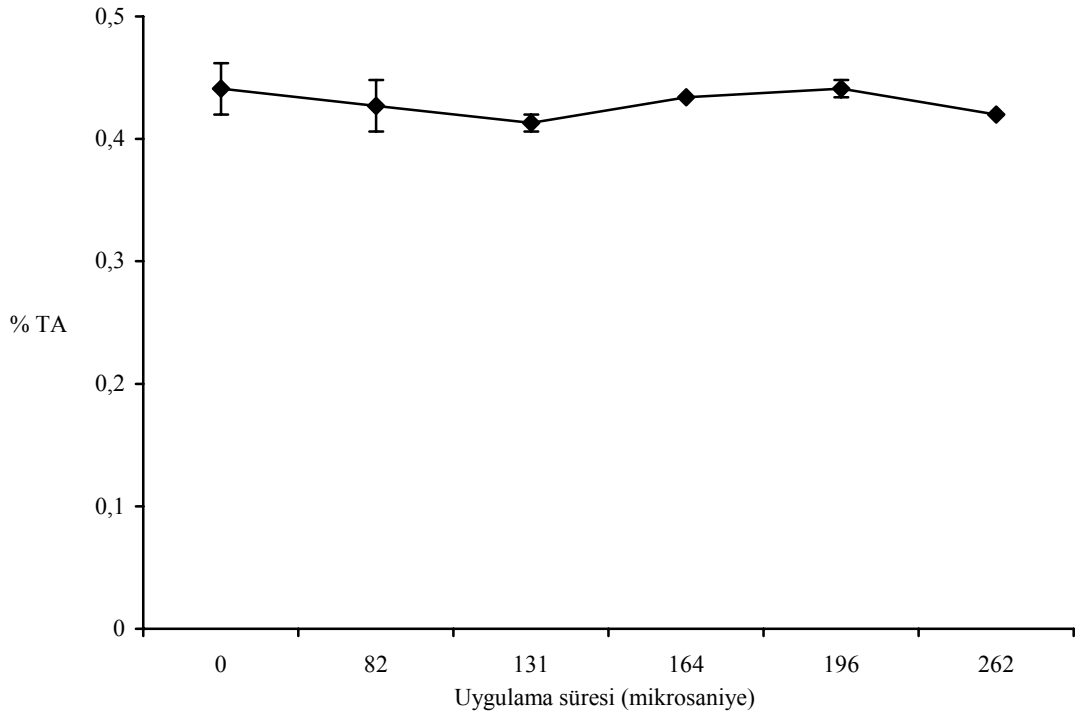
Kontrol örneklerinin TA değeri 0.44 ± 0.02 olarak tespit edilmiş olup artan uygulama süresinde TA değerinde önemli ölçüde bir değişim kaydedilmemiştir. 262 μ s uygulama süresi sonunda havuç ieeğinin TA değeri 0.42 ± 0.00 olarak ölçülmüştür. Artan uygulama süresine bağlı olarak TA değerlerinde değişime bılacak olursa istatistiksel olarak önemli sayılabilecek bir fark bulunmamıştır ($P>0.05$) (Şekil 4.14).

Benzer şekilde havuç ieeğinde °Briks ölçümü yapılmış ve PEF uygulaması öncesi ve sonrasında önemli derecede bir değişim saptanmamıştır. Şöyle ki; kontrol örneklerinde ve uygulanan 82, 131, 164, 196 ve 262 μ s lik proses sürelerinde örneklerin °Briks değeri sırasıyla 13.0 ± 0.20 , 13.0 ± 0.00 , 13.0 ± 0.10 , 13.0 ± 0.00 , 13.0 ± 0.05 ve 13.0 ± 0.01 olarak tespit edilmiştir ($P>0.05$) (Şekil 4.15).

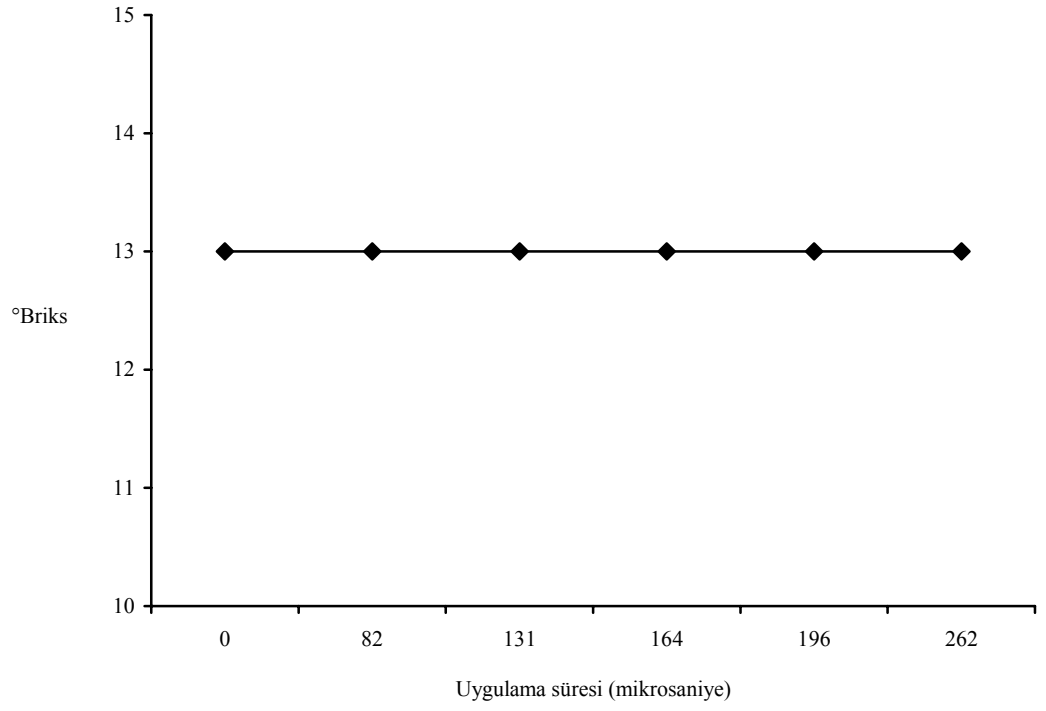
Kondaktivite değerlerine bakıldığı zaman yine uygulanan proses süresindeki artışın havuç ieeğinin kondaktivitesinde önemli bir değişime yol açmadığı görülmektedir. Kontrol örneklerinin kondaktivite değeri 5.97 ± 0.08 mS/cm olarak tespit edilmiş olup, artan uygulama sürelerinde bu değer sırası ile 5.78 ± 0.18 , 5.97 ± 0.015 , 5.99 ± 0.04 , 5.99 ± 0.05 ve 6.02 ± 0.3 mS/cm olarak kaydedilmiştir. Uygulama süresindeki artış kondaktivite değerinde önemli bir değişime neden olmamıştır ($P>0.05$) (Şekil 4.16).



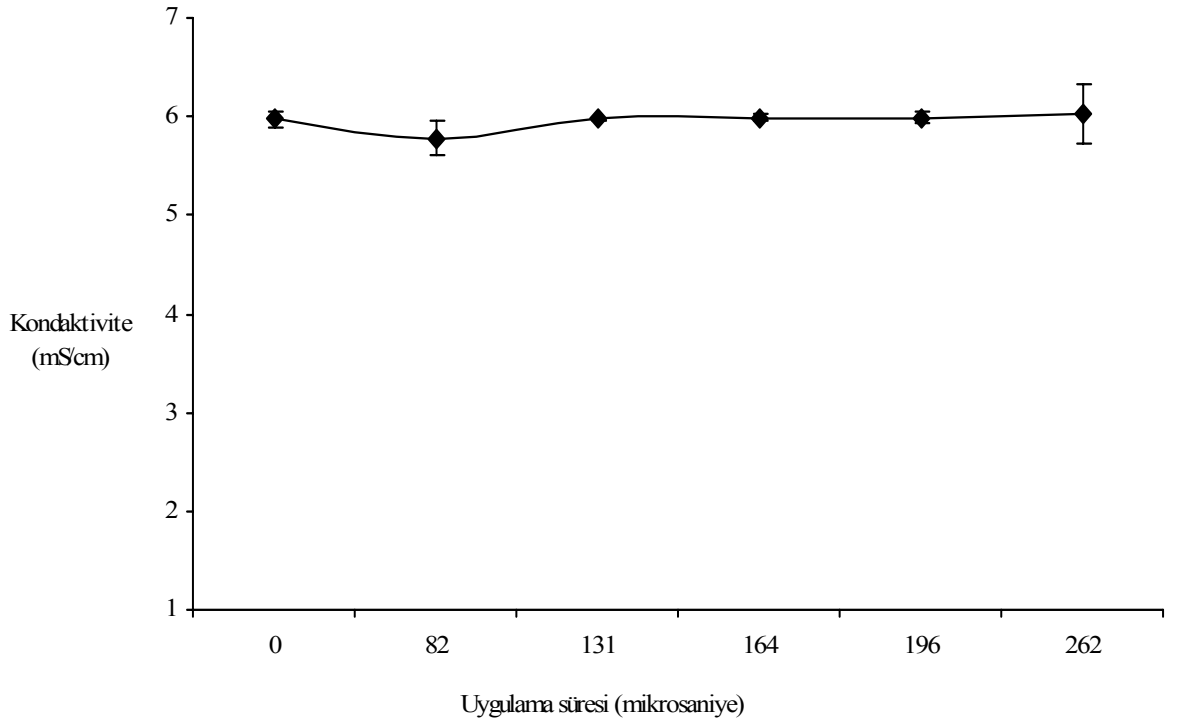
Şekil 4.13. Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde pH ölçümü



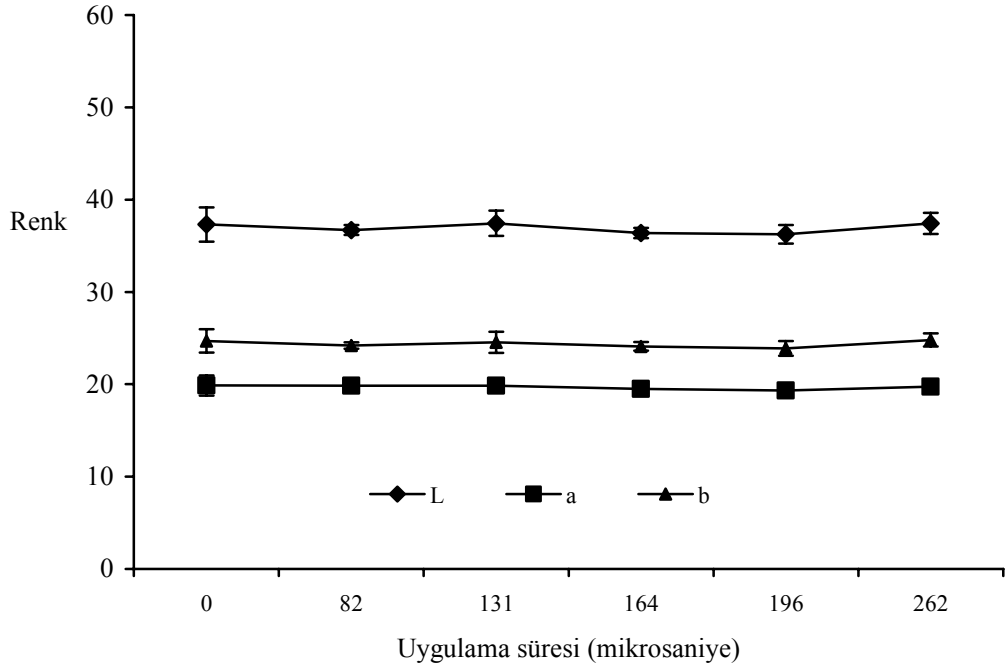
Şekil 4.14. Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde TA ölçümü.



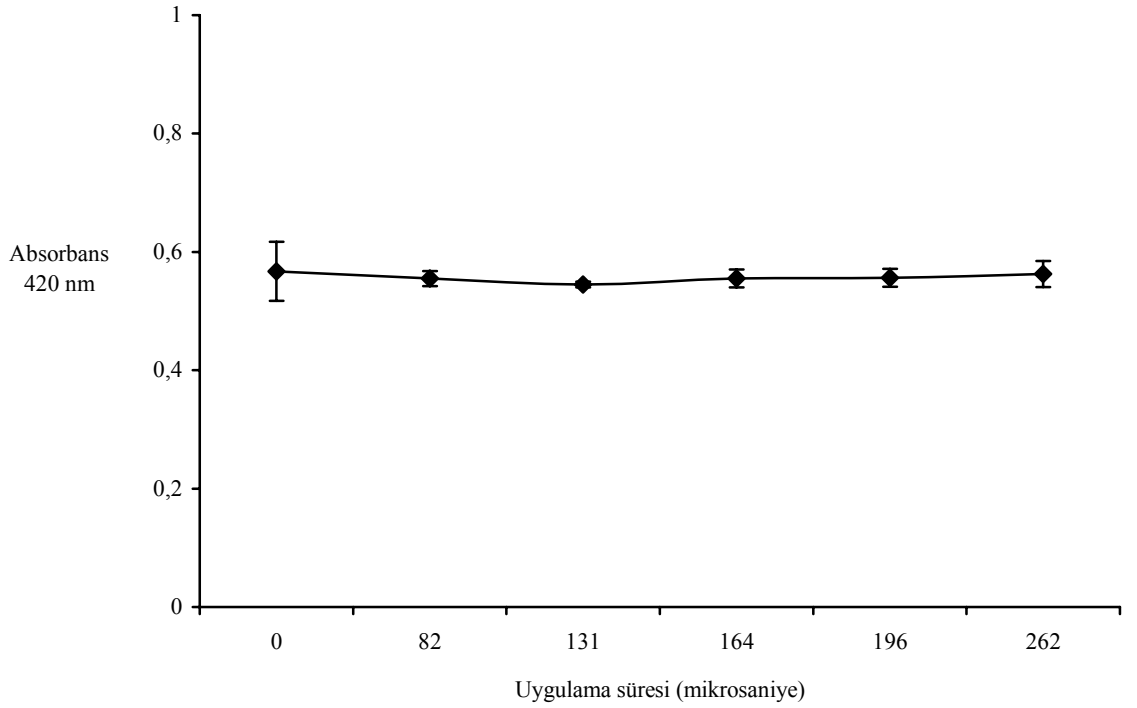
Şekil 4.15. Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde °Briks ölçümü.



Şekil 4.16. Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde kondaktivite ölçümü



Şekil 4.17. Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde renk (L, a ve b) ölçümü.



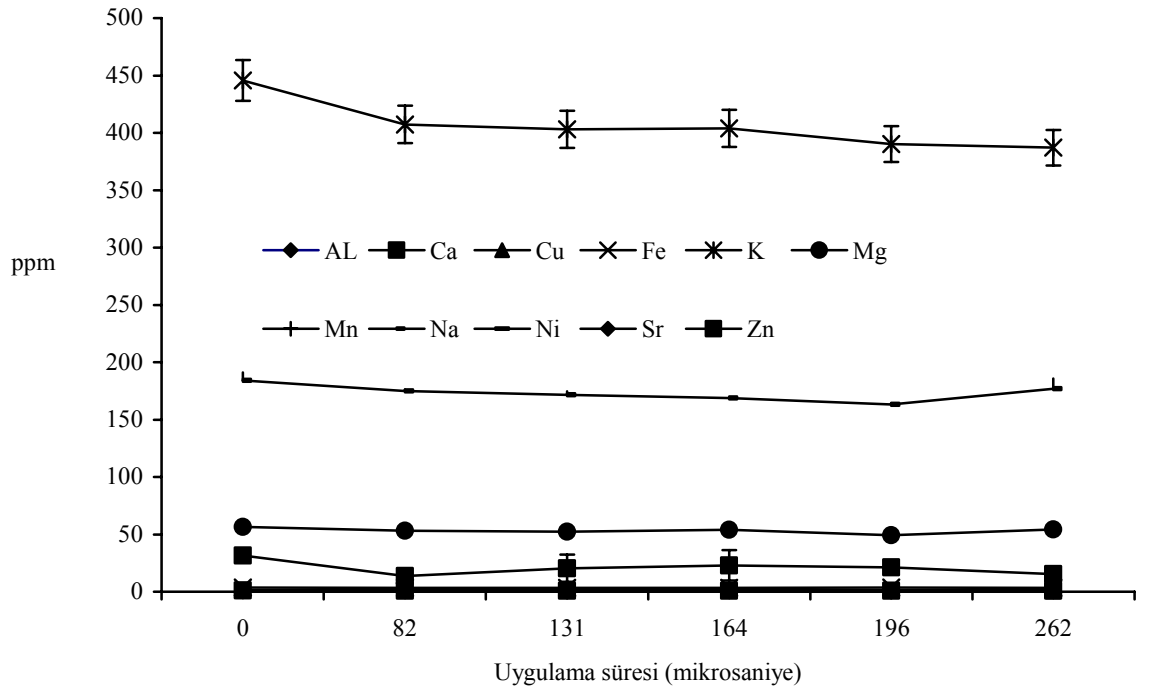
Şekil 4.18. Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde esmerleşme indeksi ölçümü.

Renk ölçümünde kontrol örneklerinde L, a ve b değerleri sırasıyla 37.31 ± 1.85 , 19.86 ± 1.15 ve 24.8 ± 1.26 olarak kaydedilmiştir. Proses süresinin en uzun olduğu 262 μ s lik uygulama sonucunda aynı değerler sırasıyla 37.43 ± 1.15 , 19.72 ± 0.44 ve 24.8 ± 0.70 olarak ölçülmüştür. Uygulama süresindeki artış L, a ve b değerlerinde önemli bir değişime yol açmamıştır ($P>0.05$) (Şekil 4.17).

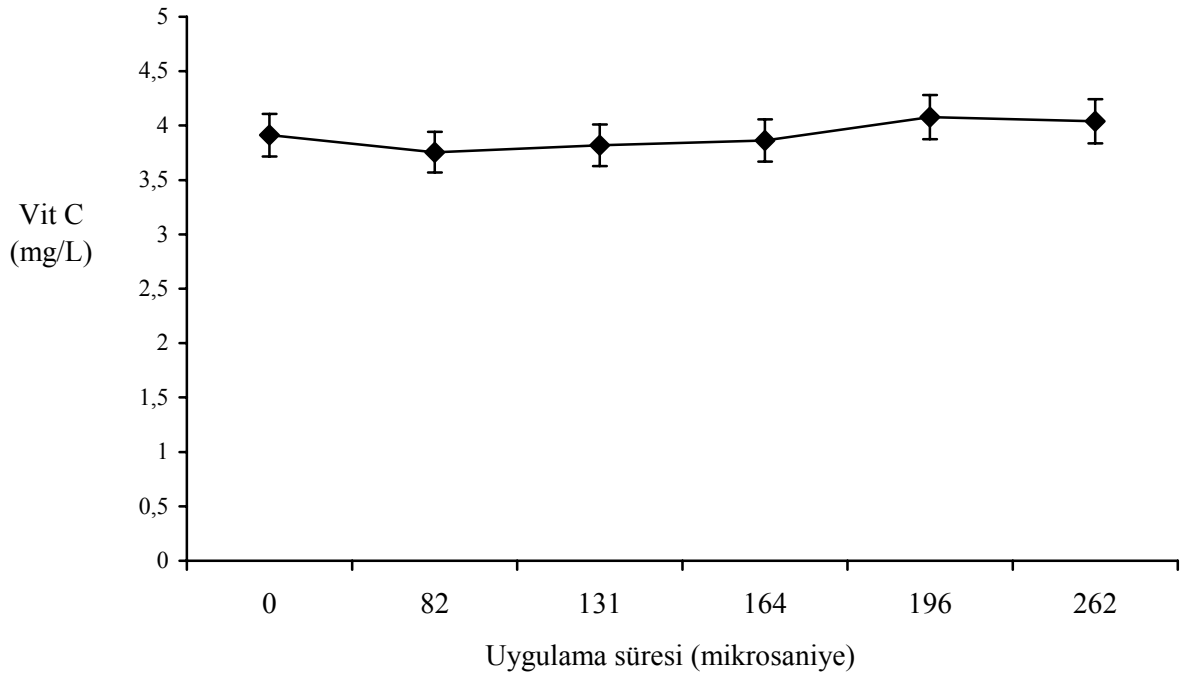
Atımlı elektrik akımı uygulama süresi sırasıyla 82, 131, 164, 196 ve 262 μ s olarak değiştirildiğinde kontrol örneklerinde 5.97 ± 0.06 olarak ölçülen esmerleşme indeksi sırasıyla 5.78 ± 0.18 , 5.97 ± 0.01 , 5.99 ± 0.04 , 5.99 ± 0.00 ve 6.02 ± 0.22 olarak tespit edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda uygulama süresindeki artışın esmerleşme indeksinde önemli bir değişime neden olmadığı görülmüştür ($P>0.05$) (Şekil 4.18).

Uygulama süresinin havuç içeceğindeki metal iyon konsantrasyonuna olan etkisine bakıldığında arttırılan uygulama süresinin metal iyon konsantrasyonunda bir değişime yol açmadığı görülmektedir. Ölçümü yapılan iyonların en fazla potasyum bulunmuş olup bunu sırasıyla sodyum, magnezyum ve kalsiyum takip etmiştir. Ölçümü yapılan iyonlardan Al, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Sr ve Zn iyonları 50 ppm 'in altında tespit edilmiştir. Gerek fazla miktarda bulunan Na, Mg, ve Ca ve gerekse iz miktarda bulunan iyonların konsantrasyonlarında istatistiksel açıdan önemli olabilecek bir değişim söz konusu olmamıştır ($P>0.05$) (Şekil 4.19).

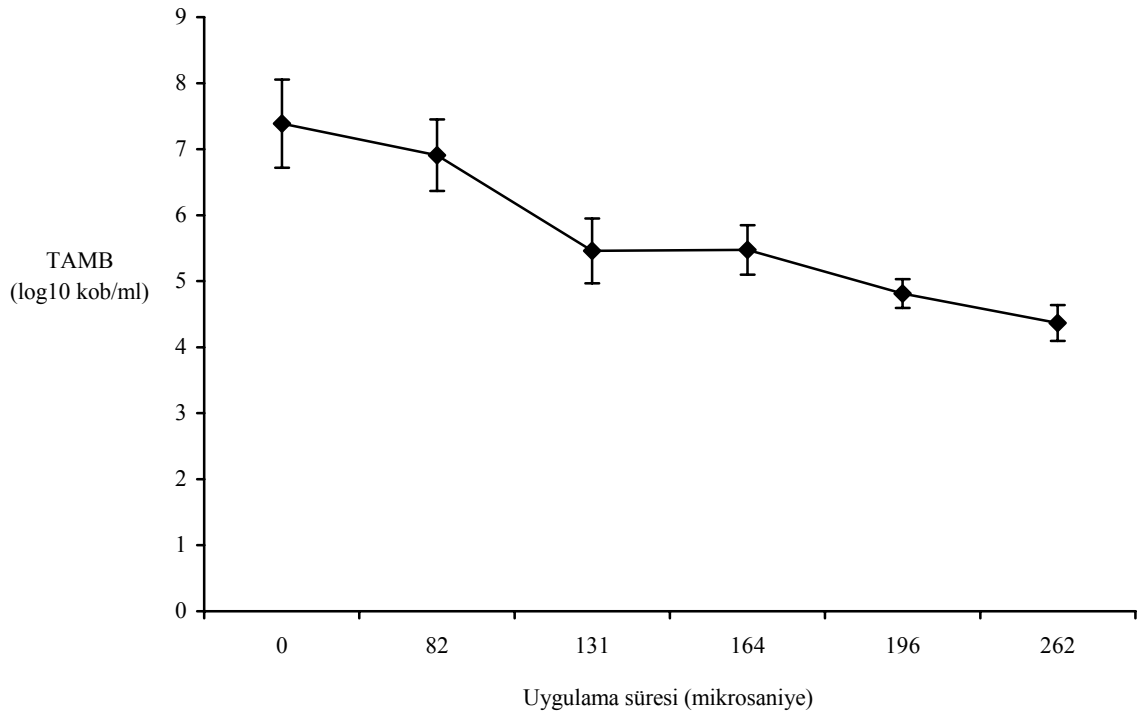
Uygulama süresinin bağımsız değişken olarak ele alındığı koşullarda kontrol örneklerinde C vitamini miktarı 0.56 ± 0.00 mg/ml olarak tespit edilmiş olup, artan uygulama süresinde istatistiksel açıdan önemli bir değişim kaydedilmiştir. Uygulama süresinin maksimum olduğu 262 μ s değerinde askorbik asit miktarı 0.57 ± 0.06 olarak tespit edilmiştir ($P>0.05$) (Şekil 4.20).



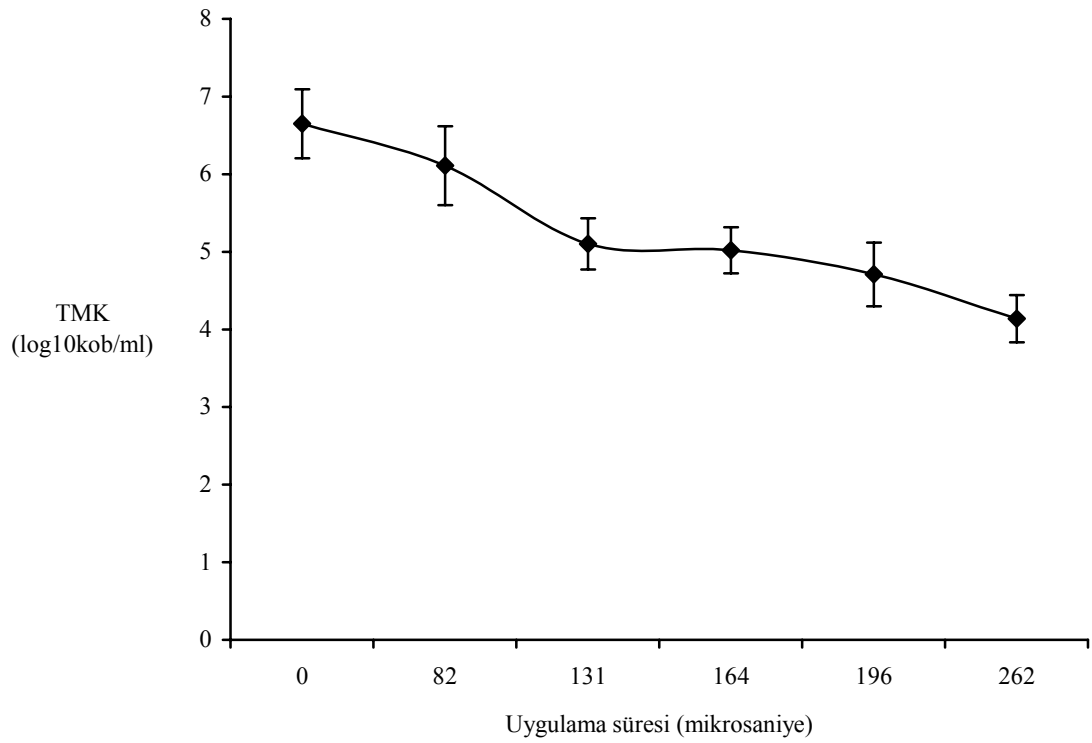
Şekil 4.19. Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceği içinde metal iyon konsantrasyonu ölçümü



Şekil 4.20. Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceği içinde C vitamini ölçümü



Şekil 4.21. Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) inaktivasyonu



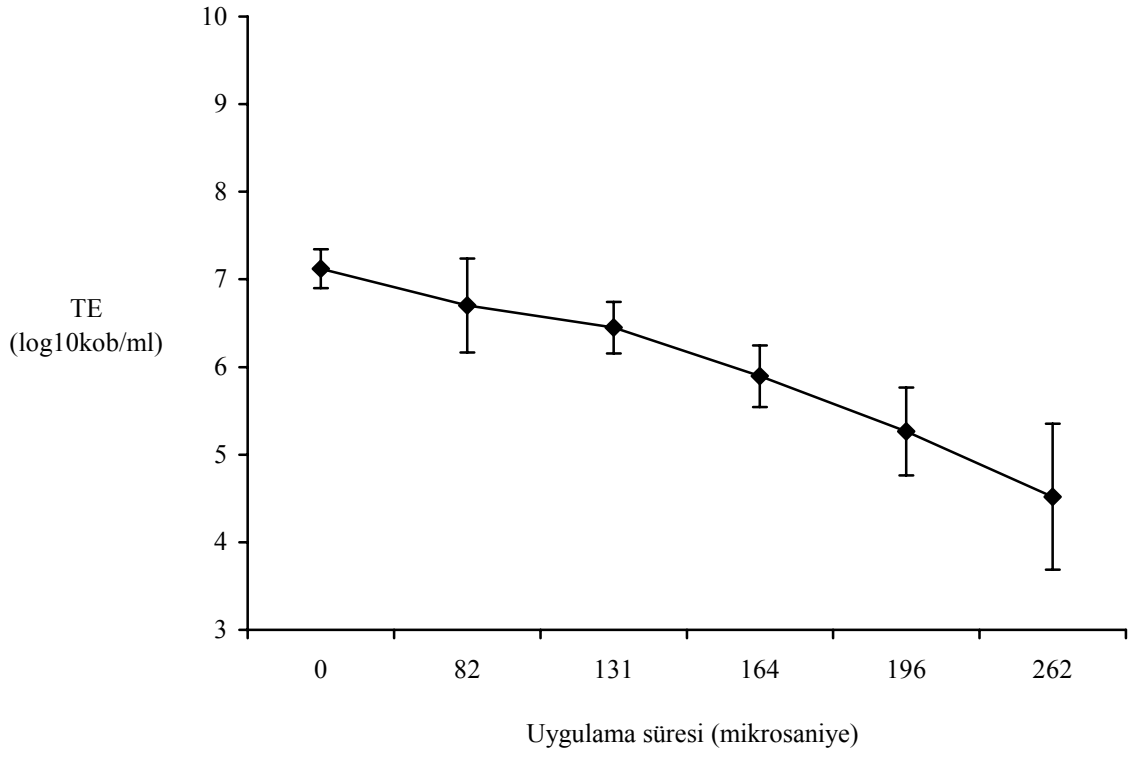
Şekil 4.22. Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde toplam maya ve küf (TMK) inaktivasyonu

Benzer şekilde uygulama süresi bağımsız değişken olarak ele alındığında kontrol örneklerinde toplam aerobik bakteri sayısı $7.38 \pm 0.84 \log_{10}$ kob/ml olarak belirlenmiş olup 82, 131, 164, 196 ve 262 μ s uygulama süresi sonrasında sırası ile bakteri sayısı 6.90 ± 0.73 , 5.45 ± 0.66 , 5.47 ± 0.50 , 4.81 ± 0.27 ve $4.36 \pm 0.32 \log_{10}$ kob/ml olarak tespit edilmiştir. Uygulama süresinin artmasına paralel olarak inaktivasyonda önemli derecede artış kaydedilmiş olup toplam aerobik bakteri popülasyonundaki azalma istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$) (Şekil 4.21).

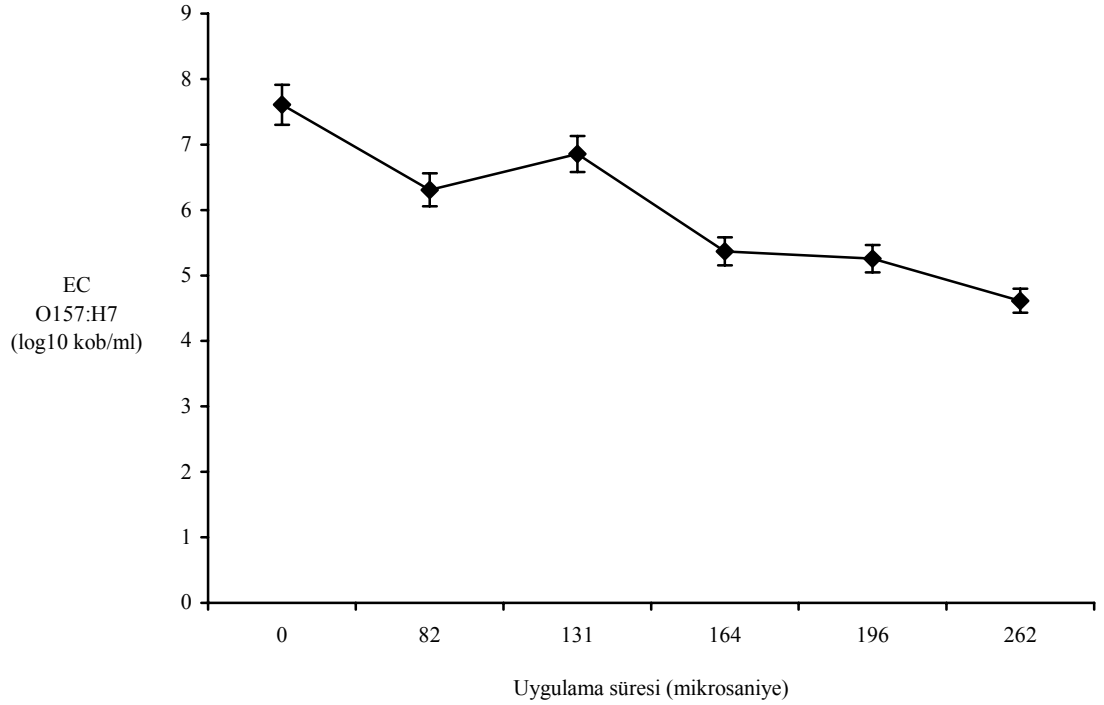
Uygulama süresinin toplam maya ve küf sayısındaki inaktivasyonuna bakıldığında artan uygulama süresinin inaktivasyonu arttırdığı görülmektedir. Kontrol örneklerinde $6.64 \pm 0.61 \log_{10}$ kob/ml olarak tespit edilen toplam maya küf sayısı uygulama süresinin en uzun olduğu 262 μ s uygulamasından sonra 4.36 ± 0.27 olarak ölçülmüştür ($P \leq 0.05$) (Şekil 4.22).

Toplam enterobacteriaceae sayısı kontrol örneklerinde $7.12 \pm 0.22 \log_{10}$ kob/ml olarak tespit edilmiş olup uygulama süresinin artması ile başlangıç sayısında önemli oranda azalma tespit edilmiştir. Uygulama süresi 82, 131, 164, 196 ve 262 μ s olduğunda toplam enterobacteriaceae sayısı sırasıyla 6.70 ± 0.6 , 6.44 ± 0.36 , 5.89 ± 0.42 , 5.26 ± 0.62 ve $4.51 \pm 1.22 \log_{10}$ kob/ml olarak belirlenmiştir ($P \leq 0.05$) (Şekil 4.23).

Fonksiyonel havuç suyuna inoküle edilen *E. coli* O157:H7 sayısı kontrol örneklerinde $7.15 \pm 0.43 \log_{10}$ kob/ml olarak belirlenmiştir. Kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığı zaman ilk olarak 98 μ s 'lik uygulama süresi istatistiksel olarak önemli sayılan bir azalmaya yol açmıştır. Bu örneklerde canlı *E. coli* O157:H7 sayısı $5.21 \pm 0.60 \log_{10}$ kob/ml olarak tespit edilmiştir. Uygulama süresinin 262 μ s 'ye arttırılması ile canlı *E. coli* O157:H7 sayısı 4.61 ± 0.43 'ye düşürülmüştür ($P \leq 0.05$) (Şekil 4.24).



Şekil 4.23. Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde toplam enterobacteriaceae (TE) inaktivasyonu



Şekil 4.24. Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde *Escherichia coli* O157:H7 inaktivasyonu

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Atımlı elektrik akımı ile proses özellikle meyve suları gibi yüksek asitli ve düşük viskoziteli gıdalar için gerek mikrobiyal inaktivasyonu sağlaması gerekse ürünün fiziksel, kimyasal ve besleyici öğelerini muhafaza etmesi açısından oldukça büyük bir potansiyel teşkil etmektedir. Bu anlamda söz konusu teknolojinin yaygınlaşması için PEF ile yapılan çalışmalarda değişik ürün gruplarının çalışılması gereklidir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında içerisinde havuç suyu, peynir altı suyu, oligofruktoz ve inülin gibi prebiyotik faktörler, şeker ve sitrik asit içeren bir içeceğin formülasyonu ve PEF ile prosesi hedeflenmiştir.

Peynir altı suyu ve meyve sularının kombinasyonu ile elde edilen yeni ürünlerin PEF ile prosesi konusunda yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu nedenle bu çalışma kapsamında değişik konsantrasyonda demineralize peynir altı suyu katılarak üretilen havuç içeceğinde fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal analizler yapılmıştır. Bu amaçla prototipe ait 3 farklı formülasyon hazırlanmış ve de ikinci aşamada duyusal panel neticesinde en beğenilen formülasyon ana formül olarak ele alınmış ve bu formülasyonun genel kompozisyonu belirlenip PEF prosesinde kullanılmıştır. Üçüncü aşamada PEF prosesine tabi tutulan prototipte fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır.

Üç farklı prototip 35 kişilik bir panel tarafından 5'li skalada renk, kıvam, tatlılık, ekşilik, havuç tadı yoğunluğu, peynir tadı yoğunluğu için ve dokuzlu skala kullanarak ağızda bıraktığı his ve genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirilmiş olup panelistlerin son olarak üç formülasyon arasından birini tercih etmeleri istenmiştir. Panelistler tarafından yapılan değerlendirmede üç formülasyon arasında ölçülen özelliklerde istatistiksel olarak bir fark gözlenmezken panelistler büyük bir oranda üçüncü formülasyonu tercih etmişlerdir. Buna göre tercih edilen prototipin genel kompozisyonunu belirlemek amacıyla toplam kuru madde, toplam protein, toplam yağ ve toplam kül analizleri yapılmış ve içeceğin kuru madde oranı 79.64 ± 0.50 , toplam protein miktarı 18.75 ± 0.40 , toplam yağ miktarı 1.20 ± 0.10 ve toplam kül miktarı 0.41 ± 0.02 olarak hesaplanmıştır.

Geliştirilen fonksiyonel havuç ieeğinin pH, kondaktivite ve viskozite değerleri göz önünde bulundurularak PEF ile prosesi amacıyla değişik parametreler denenmiş ve PEF uygulamasında elektrik akım şiddeti ve uygulama süresi bağımsız değişken olarak ele alınmıştır. Buna göre 40ml/dak akış hızı, 3 μs atım genişliği, 20 μs iki atım arasındaki zaman aralığı ve 500 atım/saniye frekans olarak belirlenmiş olup bu parametreler sabit iken elektrik akımı şiddeti değişken olarak ele alınmış olup 0 (kontrol), 13, 17, 20, 23 ve 27kV/cm uygulanmaları 164 μs uygulama süresinde gerçekleşmiştir. Benzer şekilde akış hızı, atım genişliği ve iki atım arasındaki zaman aralığı sabitken uygulama süresi değişik frekanslar uygulayarak değiştirilmiş olup uygulama süreleri 17kV/cm elektrik akım şiddetinde 0 (kontrol), 82, 131, 164, 196 ve 262 μs olarak belirlenmiştir.

PEF prosesinin geliştirilen ieeğin fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkisi ve ürünün mikrobiyal yükündeki azalmanın tespiti için proses öncesi ve sonrası ieekte pH, TA, °Briks, kondaktivite, renk lm (L, a ve b), esmerleşme indeksi, ve metal iyon konsantrasyonu ölümleri yapılmıştır. Bununla beraber toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB), toplam maya küf (TMK), toplam enterobacteriaceae (TE) ve *E. coli* O157:H7 sayısındaki değişim tespit edilmiştir.

Elde edilen veriler gerek elektrik akım şiddeti gerekse uygulama süresinin bağımsız değişken olarak ele alındığında ürünün pH, TA, °Briks, kondaktivite, renk lm (L, a ve b), esmerleşme indeksi, ve metal iyon konsantrasyonunda istatistiksel olarak önemli bir değişim olmadığını göstermiştir ($P > 0.05$). Bununla birlikte artan elektrik akım şiddeti ve uygulama süresi TAMB, TMK, TE ve *E. coli* O157:H7 sayısında önemli miktarda bir azalmaya neden olmuştur ($P \leq 0.05$) (Ek 1, 2, 3, 4).

Bu alışma kapsamında geliştirilen fonksiyonel havuç ieeğinin PEF ile proses edilmesi konusunda yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Daha nceki çalışmalarda peynir altı suyu ilave edilmiş portakal suyunun PEF ile prosesinde PEF ile proses edilen meyve suyunda daha az renk değişiminin gözlendiği ve daha az miktarda protein denatürasyonunun olduğu rapor edilmiştir (SHARMA ve ark., 1998). Benzer şekilde Peynir altı suyu konsantresinde nisin ve PEF uygulaması ile *Listeria innocua* inaktivasyonunun arttığı bildirilmiştir (GALLO ve ark., 2007).

Soya sütü ilave edilmiş olan inek sütünün PEF ile prosesinde ise üründeki mikroflora ve *E. coli* popülasyonunda önemli derecede azalma olduğu ve ürünün

fiziksel, ürünün kimyasal ve biyokimyasal özelliklerinde özellikle IgG miktar ve fonksiyonunda önemli derecede bir azalma olmadığını göstermiştir (LI, 2003). Bununla birlikte portakal ve havuç suyu karışımının PEF ile prosesinin konu edildiği bir çalışmada sonuç olarak PEF prosesinin portakal-havuç suyu karışımının pastörizasyonu için uygun bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır (RODRIGO ve ark., 2003).

Literatürde yer alan çalışmalarda elde edilen bulgular ürünün fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimler ve mikrobiyal inaktivasyon açısından söz konusu çalışma ile paralellik göstermektedir. Farklı olarak daha önce metal iyon migrasyonu ile ilgili olarak yapılan bir çalışmada PEF prosesinden sonra bira örneklerinde Cr, Zn, Fe ve Mn iyonlarının miktarında artış kaydedilmiştir (EVRENDİLEK ve ark., 2004b). Ölçümü yapılan metal iyonlarında migrasyondaki artış birada kullanılan PEF sistemi ve uygulanan proses parametrelerinin farklı olmasından kaynaklanabilmektedir. Çünkü birada kullanılan uygulama süresi fonksiyonel havuç içeceğinin uygulama süresinden çok fazla uzundur.

Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar protein içeriği yaklaşık olarak %20 olan meyve sularının/içeceklerinin PEF ile başarılı bir şekilde proses edilebileceğini göstermektedir. PEF ile proste ürünün pH, kondaktivite ve viskozitesi yanında önemli olan hususlardan birisi de ürünün protein miktarıdır. Yüksek oranda protein içeren ürünlerde PEF ile proste proteinlerin düşük iletkenliğe sahip olmaları ve dolayısıyla sistemde direncin yükselmesi, denatürasyon riski, ve köpürme kabiliyetlerinden dolayı daha düşük miktarlarda elektrik akım şiddetinin uygulanması gerekmektedir. Bu çalışma PEF teknolojisinin protein içeriği yüksek ürünlere başarılı bir şekilde uygulanabileceğini göstermesi nedeniyle bu teknolojinin yaygınlaştırılması açısından oldukça önemlidir. Endüstriyel anlamda fonksiyonel özelliği olan ürünlerin PEF ile prosesinin gerçekleştirilmesi için bu çalışmaya benzer çalışmaların daha büyük kapasiteli PEF cihazı kullanılarak yapılması gerekmektedir. Aynı zamanda ürünün raf ömrünü belirlemek için raf ömrü çalışmaları ve buna paralel olarak duyusal analizler ile tüketici tercihinin belirlenmesi faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- ANONİM, 2007A. <http://www.food.itu.edu.tr>
- ANONİM, 2007B. International Dairy Federation. Whey. Proceeding of the Second **International Whey Conference**, Chicago, USA, 27-29.
- ANONİM, 2007C. <http://www.astosan.com.tr>
- ANONİM, 2007D. <http://www.thehealthnews.org>
- AOAC. 1990. **Official Methods of Analysis**. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- BARBOSA-CÁNOVAS, G. V., GONGORA-NIETO, M. M., POTHAKAMURY, U. R., SWANSON, B. G. 1999. **Preservation of foods with pulsed electric fields**.. Academic Press Ltd. London, 1-9, 76-107, 108-155
- BARSOTTI, L., and CHEFTEL, J. C. 1999. Food processing by pulsed electric fields. II. Biological aspects. **Food Reviews International**, 15,181-213
- BARSOTTI, L., DUMAY, E., MU, T. H., DIAZ, M. D. F. and CHEFTEL, J. C. 2002. Effects of high voltage electric pulses on protein-based food constituents and structures. **Trends in Food Science and Technology**, 12,136-144.
- BENZ, R., BECKERS, F., and ZIMMERMANN, U. 1979. Reversible electrical breakdown of lipid bilayer membranes: a charge-pulse relaxation study. **Journal of Membrane Biology**, 48,181-204.
- CASTRO, A. J., BARBOSA-CÁNOVAS, G. V., and SWANSON, B. G. 1993. Microbial inactivation of foods by pulsed electric fields. **Journal of Food Processing and Preservation**, 17, 47-73.
- CHANG, D.C., CHASSY, B. M., SAUNDERS, J. A., and SOWERS, A. E., 1992. **Handbook of Electroporation and Electrofusion**. Academic Press, New York.
- CHANG, D. C. 1989. Cell poration and cell fusion using an oscillating electric field. **Biophysics Journal**, 56, 641-652.
- CHEN, C. S., SHAW, P. E., and PARISH, M. E. 1993. **Orange and Tangerine Juices** .In S. NAGY, C. S. CHEN, and P.E. SHAW (Eds.), *Fruit Juice Processing Technology*, Auburndale, FL: Agscience,110-165.
- CORTES C, ESTEVE M J, FRIGOLA A, TERREGROSA F. 2005. Quality characteristics of horchata (a Spanish vegetable beverage) treated with pulsed electric fields during shelf-life. **Food Chemistry**, 91,319-325
- COSTER, H. G. L., and ZIMMERMANN, U. 1975. The mechanism of electrical breakdown in the membranes of *Valonia utricularis*. **Journal of Membrane Biology**, 22, 73-90.
- DUNN, J. 1996. Pulsed light and pulsed electric field for foods and eggs. **Poultry Science**, 75(9),1133-1136.
- DUNN, J. E. 2001. **Pulsed Electric Field Processing: An overview**. In: G.V

- BARBOSA-CANOVAS and Q. H. ZHANG (Eds). Pulsed Electric Fields in Food Processing: Fundamental Aspects and Applications. Technomic Publishing Company, Inc. Lancaster, PA, 1-30.
- DUNN, J. E. and PEARLMAN, J. S. 1987. **Methods and apparatus for extending the shelf-life of fluid food products**. Maxwell Laboratories, Inc. U. S. Patent 4,695,472.
- ESPACHS-BARROSA, A. G., BARBOSA-CANOVAS, G. V. and MARTIN-BELLOSO, O. 2003. Microbial and enzymatic changes in fruit juice by high intensity pulsed electric fields. **Food Reviews International**, 19,253-273.
- EVRENDİLEK, G., ZHANG, Q. H., RICHTER, E. R. 1999. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Escherichia coli* 8739 in apple juice by pulsed electric fields. **Journal of Food Protection**, 62 (7), 793-796.
- EVRENDİLEK G. A., JİN, Z.T, RUHLMAN, K.T, QIU, X, ZHANG, Q. H. and RİCHTER, E. R. 2000. Microbial safety and shelf-life of apple juice and cider processed by bench and pilot scale PEF systems. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 1,77-86.
- EVRENDİLEK, G. A., STREAKER, C. B., DANTZER, W. R., RATANATRIWONG, R. and ZHANG, Q. H. 2001. Shelf-life evaluations of liquid foods treated by pilot plant pulsed electric field system. **Journal of Food Processing and Preservation**, 25, 283-297.
- EVRENDİLEK, G.A. and ZHANG, Q. H. 2003. Effects of pH, temperature and pre-PEF treatments on PEF and heat inactivation of *Escherichia coli* O157:H7. **Journal of Food Protection**, 66(5),755-759.
- EVRENDİLEK, G.A., YEOM, H.W., JİN, Z.T., and ZHANG, Q.H. 2004a. Safety and quality evaluation of a yogurt-based drink processed by a pilot plant PEF system. **Journal of Food Process Engineering**. 27,197-212.
- EVRENDİLEK, G. A., Lİ, S, DANTZER, W. R. and ZHANG, Q. H. 2004b. Pulsed electric field processing of beer: Microbial, sensory and quality analyses. **Journal of Food Science**, 69(8),228-232.
- EVRENDİLEK, G. A., ZHANG, Q. H. and RICHTER, E. R. 2004c. Application of pulsed electric fields to skim milk inoculated with *Staphylococcus aureus*. **Biosystem Engineering**, 87(2),137-144.
- EVRENDİLEK, G. A. and 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, 271-276.
- FERNANDEZ-MOLINA, J. J., BARKSTROM, E., TORSTENSSON, P., BARBOSA-CANOVAS, G. V., and SWANSON, B. G. 2001. **Inactivation of *Listeria innocua* and *Pseudomonas fluorescens* in Skim Milk Treated with Pulsed Electric Fields (PEF)**. In:
BARBOSA-CANOVAS, G., V. and ZHANG Q. H. (Eds). Pulsed Electric Fields in Food Processing: Fundamental Aspects and Applications. Technomic Publishing Company Inc. Lancaster, PA, 149-166.
- GALLO, L. I., PILOSOFF, A. M. R. and JAGUS, R. J. 2007. Effect of sequence of nisin and pulsed electric fields treatments and mechanisms involved in the inactivation of *Listeria innocua* in whey. **Journal of Food Engineering**, 79,188-193.

- GASKOVA, D., SÍGLER, K., JANDEROVA, B. and PLASEK, J. 1996. Effect of high-voltage electric pulses on yeast cells: Factors influencing the killing efficiency. **Bioelectrochem Bioenergetics**, 39,195-202.
- GERMAN, J. B., DILLARD C. J. and WALZEM, R. L. 2001. U.S. **Whey Products and Dairy Ingredients for Health: A Review**. May 2000. U.S. Dairy Export Council.
- GETCHELL, B. E. 1935. Electric pasteurization of milk. **Agriculture Engineering**, 16, 408-410.
- GOULD, G. W. 1995. **New Methods in Food Preservation**. Blackie Academic Professional, Glasgow, UK.
- HAMILTON, W. A. and SALE, A .J. 1967. Effects of high electric fields on microorganisms. **Biochimica et Biophysica Acta**, 148, 789-800.
- HARPER, W. J. 2000. **Biological Properties of Whey Components: A Review**. Chicago, IL: The American Dairy Products Institute.
- HENDRICKX, C. M. and REDD, J. B. 1995. **Chemistry and Technology of Citrus Juices and By-products**. In P. R. ASHURST (Ed.), Production and Packaging of Non-carbonated Fruit Juices and Fruit Beverages, New York: Chapman & Hall. 53-87.
- HERMAWAN, N., EVRENDİLEK, G. A., DANTZER, W. R., ZHANG, Q. H. and RÍCHTER, E. R. 2004. Pulsed electric field treatment of liquid whole egg inoculated with *Salmonella* Enteritidis. **Journal of Food Safety**, 24(1), 71-85.
- HO, S. Y., MITTAL, G. S., CROSS, J. D. and GRIFFITHS, M. W. 1995. Inactivation of *Pseudomonas fluorescens* by high voltage electric pulses. **Journal of Food Science**, 60(6),1337-1343.
- HULSHEGER, H., POTTEL, J. and NIEMANN, E. G. 1981. Killing of bacteria with electric pulses of high field strength. **Radiat Environmental Biophysics**, 20,53-65.
- HULSHEGER, H., POTTEL, J. and NIEMANN, E. G. 1983. Electric field effects on bacteria and yeast cells. **Radiation and Environmental Biophysics**, 22, 149-162.
- JACOB, H. E., FORSTER, W. and BERG, H. 1981. Microbial implications of electric field effects. II. Inactivation of yeast cells and repair of their cell envelope. **Zeitschrift für Allgemeine Mikrobiologie**, 21(3),225-232.
- JAY, J. M. 1992. **Modern Food Microbiology** (4th ed.). New York:Van Nostrand Reinhold.
- JAYARAM, S., CASTLE, G. S. P. and MARGARITIS, A. 1992. Kinetics of sterilization of *Lactobacillus brevis* cells by the application of high voltage pulses. **Biotechnology and Bioengineering**, 40(11),1412-1420.
- JIA, M., ZHANG, Q. H., and MIN, D. B. 1999. Pulsed electric field processing effects on flavor compounds and microorganisms of orange juice. **Food Chemistry**, 65, 445-451.
- JIN, Z. T. and ZHANG, Q. H. 1999. Pulsed electric field treatment inactivates microorganism and preserve quality of cranberry juice. **Journal of Food Processing and Preservation**, 23(6), 481-497.

- KARAGÖZLÜ, C., and BAYARER, M. 2004. Peyniraltı suyu proteinlerinin fonksiyonel özellikleri ve sağlık üzerine etkileri- Ege Üniversitesi, **Ziraat Fakültesi Dergisi**, 41(2),197-207.
- KINOSITA, K. J. and TSONG, T. Y. 1979. Voltage-induced conductance in human erythrocyte membranes. **Biochimica et Biophysica Acta**, 554,479-497.
- KNORR, D., GEULEN, M., GRAHL, T. and SITZMANN, W. 1994. Food application of high electric field pulses. **Trends in Food Science and Technology**, 5,71-75.
- LI, S. 2003. **Pulsed Electric Field Processing of Functional Foods**. Ph.D. Dissertation. The Ohio State University, Columbus, OH, USA.
- MERTENS, B., KNORR, D. 1992. Developments of nonthermal processes for food preservation. **Food Technology**, 46(5),124-133.
- MIN, S., LAURA, R., and ZHANG, Q. H. 2002. Effects of water activity on the inactivation of *Enterobacter cloacae* inoculated in chocolate liquor and a model system. **Journal of Food Processing and Preservation**, 26(5), 323-337.
- MIN, S, and ZHANG, Q. H. 2003. Effects of commercial-scale pulsed electric field processing on flavor and color of tomato juice. **Journal of Food Science**, 68(5), 1600-1606
- NEUMANN, E., SOWERS, A. E. and JORDAN, C. 1989. **Electroporation and Electrofusion in Cell Biology**, Plenum Press, New York.
- NİKDEL, S. and TEMELLİ, C. M. 1987. Comparaison of microwave and muffle furnace for citrus juice sample preparation and analysis using inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. **Microchemistry Journal**, 36(2), 240-244.
- POTHAKAMURY, U. R., BARBOSA-CÁNOVAS, G. V., and SWANSON, B. G. 1993. Magnetic-field inactivation of microorganisms and generation of biological changes. **Food Technology**, 47(12),85-93.
- POTHAKAMURY, U. R., VEGA, H., ZHANG, Q. H., BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. and SWANSON, B. G. 1996. Effect of growth stage and processing temperature on the inactivation of *E. coli* by pulsed electric fields. **Journal of Food Protection**, 59(11),1167-1171.
- QIN, B. L., ZHANG, Q., BARBOSA-CANOVAS, G. V., SWANSON, B. G. and PEDROW, P. D. 1994. Inactivation of microorganisms by pulsed electric fields with different voltage waveforms. **IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation**, 1(6), 1047-1057.
- QIN, B.L., CHANG, F.-J., BARBOSA-CANOVAS, G. V. and SWANSON, B. G. 1995. Nonthermal inactivation of *S. cerevisiae* in apple juice using pulsed electric fields. **Lebensmittel-Wissenschaft Technologie**, 28(6), 564-568.
- QIU, X., SHARMA, S., TUHELA, L., JIA, M., ZHANG, Q.H. 1998. An integrated PEF pilot plant for continuous nontheraml pasteurization of fresh orange juice. **Transactions of ASAE**. 41,1069-1074.
- RATANATRIWONG, P., JIN, Z. T., EVRENDİLEK, G. A., YEOM, H. W., and ZHANG, Q. H. 2001. Shelf life evaluation of rice pudding treated by pulsed electric field processing. **Institute of Food Technologists (IFT) Annual Meeting** (technical paper 59H-19), Dallas, TX.

- REINA, L. D., JIN, T., ZHANG, Q. H., and YOUSEF, A. E. 1998. Inactivation of *Listeria monocytogenes* in milk by pulsed electric field. **Journal of Food Protection**, 61,1203-1206.
- RIVAS, A., RODRIGO, D., MARTINEZ, A., BARBOSA-CANOVAS, G. V. and RODRIGO, M. 2006. Effect of PEF and heat pasteurization on the physical – chemical characteristics of blended orange and carrot juice. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, 39(10), 1163-1170.
- RODRIGO, D., BARBOSA-CANOVAS, G. V., MARTINEZ, A. and RODRIGO, M. 2003. Pectin methyl esterase and naturel microflora of fresh mixed orange and carrot juice treated with pulsed electric fields. **Journal of Food Protection**, 66(12), 2336-2342.
- RUHLMAN, K.T., JIN, Z.T.; ZHANG, Q.H. 2001. **Physical Properties of Liquid Foods for Pulsed Electric Fields Treatment**. In: G.V. BARBOSA-CÁNOVAS, and Q. H ZHANG (Eds). Pulsed Electric Field in Food Processing: Fundamental Aspect and Applications. Technomic Publishing Company Inc. Lancaster, PA, 45–56.
- SALE, A. J. H. and HAMILTON, W. A. 1967. Effects of high electric fields on microorganisms I. Killing of bacteria and yeast. **Biochimica et Biophysica Acta**, 148, 781-788.
- SCHOENBACH, K. H., PETERKIN, F. E., ALDEN, R. W. and BEEBE, S. J. 1997. The effect of pulsed electric fields on biological cells: Experiments and applications. **IEEE Transactions of Plasma Science**, 25(2), 284-292.
- SELMA, M. V., SALMERON, M. C., VALERO, M., and FERNANDEZ, P. S. 2004. Control of *Lactobacillus plantarum* and *Escherichia coli* by pulsed electric fields in MRS broth, nutrient broth and orange-carrot juice. **Food Microbiology**, 21, 519-525.
- SHARMA, S. K., ZHANG, Q. H. and CHISM, G. W. 1998. Development of a protein fortified fruit beverage and its quality when processed with pulsed electric field treatment. **Journal of Food Quality**, 21, 459-473.
- SIMPKINS, W. A., LOUIE, H., WU, M., HARRISON, M., and GOLDBERG, D. 2000. Trace elements in Australian orange juice and other products. **Journal of Food Chemistry**, 71, 423-433.
- SMITHERS, G. W., BALLARD, F. J., COPELAND, A. D., De SILVS, K. J., DIONYSIUS, D. A., FRANCIS, G. L., GODDARD, C., GRIEVE, P. A., McINTOSH, G. H., MITCHELL, I. R., PEARCE, R. J. and REGESTER, G. O. 1996. New opportunities from the isolation and utilization of whey proteins. **Journal of Dairy Science**, 79 (8), 1454-1459.
- ŞENER, A. ve DENKBAŞ, E. B. 2006. Fonksiyonel Gıdalar ile Gelen Sağlık Probiyotikler ve Prebiyotikler. **Standart Ekonomik ve Teknik Dergi**, 45 (536), 72-77.
- VEGA-MERCADO, H., MARTÍN-BELLOSO, O., CHANG, F.-J., BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. and SWANSON, B. G. 1996a. Inactivation of *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis* suspended in pea soup using pulsed electric fields. **Journal of Food Processing and Preservation**, 20(6),501-510.

- VEGA-MERCADO, H., POTHAKAMURY, U.R., CHANG, F.J., BARBOSA-CANOVAS, G.V. and SWANSON, B.G. 1996b. Inactivation of *Escherichia coli* by combining pH, ionic strength and pulsed electric fields hurdles. **Food Research International**, 29,117-121.
- YEOM, H.W., STREAKER, C.B., ZHANG, Q.H., MIN, D.B. 2000. Effects of pulsed electric fields in the activity of microorganisms and pectin methyl esterase in orange juice. **Journal of Food Science**, 65(8), 1359-1363.
- YEOM, H. W., EVRENDİLEK, G. A., JİN, T. J., and ZHANG, Q. H. 2004. Processing of yogurt based product with pulsed electric fields: Microbial, sensory and physical evaluations. **Journal of Food Processing and Preservation**, 28(3), 161-178.
- ZHANG, Q. H., MONSALVE-GONZALEZ, A., BARBOSA-CANOVAS, G. V. and SWANSON, B. G. 1994a. Inactivation of *E. coli* and *S. cerevisiae* by pulsed electric fields under controlled temperature conditions. **Transactions of the ASAE**. 37(2), 581-587.
- ZHANG, Q. H., CHANG, F..J. and BARBOSA-CANOVAS, G. V. 1994b. Inactivation of microorganisms in a semisolid model food using high voltage pulsed electric fields. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, 27(6), 538-543.
- ZHANG, Q. H., QIN, B.L., BARBOSA-CANOVAS, G. V. and SWANSON, B. G. 1995a. Inactivation of *E. coli* for food pasteurization by high-strength pulsed electric fields. **Journal of Food Processing and Preservation**, 19(2), 103-118.
- ZHANG Q. H., QİN B. L., BARBOSA-CANOVAS, G. V., SWANSON, B. G. 1995b. Inactivation of *E. coli* for food pasteurization by high-strength pulsed electric fields. **Journal of Food Processing and Preservation**, 19, 103-118.
- ZHANG, Q. H., BARBOSA-CANOVAS, G. V. and SWANSON, B. G. 1995c. Engineering aspects of pulsed electric field pasteurization. **Journal of Food Engineering**, 25(2), 261-281.
- ZIMMERMANN, U. and BENZ, R. 1980. Dependence of the electrical breakdown voltage on the charging time in *Valonia utricularis*. **Journal of Membrane Biology**, 53,33-43.

ÖZGEÇMİŞ

1972 yılında Kırşehir’ de doğmuşum. Öğrenimimi sırasıyla Mithat Salyam İlkokulu, Cacabey Ortaokulu ve Kırşehir Lisesi’nde tamamladım. 1989 yılında girdiğim Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nden 1995 yılında mezun oldum. Sırası ile üretim şefi olarak Bağdat Baharatları Gıda San. ve Tic. Ltd. Şti. (Ankara), üretim müdürü olarak Seb-Kur Sebze Kurutma A.Ş’de (Bursa) çalıştım. Halen Ar-ge sorumlusu, üretim müdürü ve ISO 9001 kalite yönetim sistemi yönetim temsilcisi olarak Kristal Gıda San. ve Tic. Ltd. Şti.’ de (Hatay) çalışmaktayım. Aynı zamanda 2005 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda başladığım yüksek lisans eğitimine devam etmekteyim.

EKLER

Ek 1. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde fiziksel ve kimyasal analizler

	Elektrik akım şiddeti (kV/cm)					
	0	13	17	20	23	27
Briks	13.2±0.00 ^a	13.40±0.07 ^a	13.40±0.07 ^a	13.35±0.07 ^a	13.38±0.00 ^a	13.34±0.30 ^a
pH	4.77±0.07 ^a	4.70±0.02 ^a	4.72±0.014 ^a	4.69±0.02 ^a	4.67±0.05 ^a	4.70±0.014 ^a
TA	0.40±0.02 ^a	0.38±0.07 ^a	0.39±0.02 ^a	0.37±0.00 ^a	0.42±0.02 ^a	0.37±0.04 ^a
Kondaktivite	6.12±0.11 ^a	6.47±0.15 ^a	6.44±0.12 ^a	6.20±0.16 ^a	6.39±0.23 ^a	6.37±0.00 ^a
Renk (L)	48.7±0.36 ^a	48.39±1.28 ^a	48.60±1.06 ^a	47.76±0.51 ^a	47.65±0.50 ^a	47.83±0.69 ^a
Renk (a)	35.77±0.62 ^a	34.47±1.90 ^a	36.14±0.95 ^a	35.41±0.11 ^a	35.28±0.13 ^a	35.53±0.25 ^a
Renk (b)	53.99±0.65 ^a	53.14±1.14 ^a	54.00±1.04 ^a	53.20±0.13 ^a	53.18±0.23 ^a	53.39±0.48 ^a
Esmerleşme indeksi	0.56±0.049 ^a	0.49±0.032 ^a	0.53±0.056 ^a	0.56±0.052 ^a	0.57±0.033 ^a	0.52±0.027 ^a

*aynı satırda farklı üstel harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($P \leq 0.05$).

Ek 2. Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde fiziksel ve kimyasal analizler

	Uygulama süresi (mikrosaniye)					
	0	77	123	154	185	247
Briks	13.2±0.00 ^a	13.0±0.00 ^a	13.00±0.00 ^a	13.00±0.00 ^a	13.00±0.00 ^a	13.00±0.00 ^a
pH	4.77±0.07 ^a	4.85±0.02 ^a	4.87±0.07 ^a	4.87±0.00 ^a	4.86±0.00 ^a	4.85±0.07 ^a
TA	0.40±0.02 ^a	0.42±0.02 ^a	0.41±0.009 ^a	0.43±0.00 ^a	0.44±0.009 ^a	0.42±0.00 ^a
Kondaktivite	6.12±0.11 ^a	5.78±0.25 ^a	5.97±0.02 ^a	5.99±0.005 ^a	5.99±0.00 ^a	6.02±0.00 ^a
Renk (L)	48.7±0.36 ^a	49.34±0,47 ^a	49.63±0,14 ^a	49.71±0,07 ^a	48.46±0,78 ^a	48.06±0,55 ^a
Renk (a)	35.77±0.62 ^a	35.42±0,91 ^a	36.17±0,11 ^a	36.83±0,59 ^a	35.4±1,38 ^a	35.75±0,12 ^a
Renk (b)	53.99±0.65 ^a	54.13±0,35 ^a	53.67±0,39 ^a	54.43±0,38 ^a	52.46±1,81 ^a	53.33±0,23 ^a
Esmerleşme indeksi	0.56±0.049 ^a	0.55±0,012 ^a	0.54±0,005 ^a	0.55±0,015 ^a	0.55±0,015 ^a	0.56±0,022 ^a

*aynı satırda farklı üstsel harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($P \leq 0.05$).

Ek 3. Elektrik akım şiddetinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde mikrobiyolojik analizler

Mikrobiyal sayım	Elektrik akım şiddeti (kV/cm)					
	0	13	17	20	23	27
TAB	7.15±0.43 ^a	6.44±0.54 ^{ac}	5.57±0.75 ^{bc}	5.21±0.60 ^b	4.01±0.42 ^{bd}	3.10±0.22 ^{bd}
TMK	6.31±0.66 ^a	4.67±0.56 ^b	4.12±0.62 ^b	3.85±0.60 ^b	3.08±0.41 ^{bc}	2.88±0.54 ^{bc}
Enterobacteriaceae sayımı	6.32±1.18 ^a	6.23±0.79 ^a	5.41±0.80 ^a	4.88±1.20 ^{ac}	3.54±0.21 ^{bc}	2.86±0.43 ^b
<i>E.coli</i> O157:H7	8.15±0.27 ^a	7.58±0.22 ^b	7.394±0.17 ^b	7.05±0.27 ^{bc}	6.15±0.30 ^d	5.01±0.43 ^e

*aynı satırda farklı üstsel harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($P \leq 0.05$).

Ek 4. Uygulama süresinin fonksiyonu olarak atımlı elektrik akımı ile proses edilen fonksiyonel havuç içeceğinde mikrobiyolojik analizler

Mikrobiyal sayım	Uygulama süresi (mikrosaniye)					
	0	77	123	154	185	247
TAB	7.38±0.84 ^a	6.90±0.73 ^a	5.45±0.66 ^b	5.47±0.50 ^b	4.81±0.27 ^b	4.36±0.32 ^{bc}
TMY	6.64±0.61 ^a	6.16±0.62 ^a	5.10±0.36 ^b	5.01±0.35 ^b	4.7±0.56 ^b	4.13±0.35 ^{bc}
Enterobacteriaceae sayımı	6.62±0.78 ^a	6.70±0.60 ^a	6.44±0.36 ^a	5.89±0.42 ^{ac}	5.26±0.62 ^{bc}	4.51±1.22 ^b
<i>E. coli</i> O157:H7	7.15±0.43 ^a	6.44±0.54 ^{ac}	5.57±0.75 ^{ad}	5.21±0.60 ^{bcd}	4.01±0.42 ^{bcd}	3.10±0.22 ^{bc}

* aynı satırda farklı üstsel harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($P \leq 0.05$)

EK 5. %70 Demineralize Peyniraltı Suyu Tozu Spesifikasyonu

Organoleptik Özellikler	Metod	Çeşitli peynirlerden elde edilen taze peynir altı sularının, demineralize işlemi sonrası pulverize edilerek kurutulmasıyla üretilmiştir.				
	İçindekiler	Peynir altı suyu				
	Tat, Koku ve Aroma	Kendine has tat, koku ve aromada				
	Renk	Kendine has krem veya sarı renkte				
	Yapı	Kendine has akışkan toz yapıda, homojen görünümde olup hiçbir koruyucu madde, renklendirici madde ve diğer katkı maddeleri içermemektedir				
Kimyasal ve Fiziksel Özellikler		Spesifikasyon	Tipik Değerler	Metod	Prensip	
	Nem, m/m	max % 4	% 3.5	IDF 26:1964	Standard Gravimetrik, Etüv; 103±2 °C	
	Yağ, m/m	max % 1	% 0.5	Gerber Metod, 1978	/Teichert NADRĞ: Gerber	
	Protein, m/m (Nx6,38)	min % 6	% 7	IDF Standard 1993	20B: Kjeldahl, titrasyon	
	Kül, m/m	max % 4.5	% 3.2	IDF 90:1986	Standard Kül fırını; 825±25 °C	
	Laktoz, m/m	min % 75	% 82	NADRĞ: 1978	Çökertme, (Cu ₂ O)	
	Asitlik (Laktik asit cinsinden)	max % 0.15	% 0.13	ADMI: 1971	Titrasyon	
	pH (%10'luk solüsyon)	min 6.00	6.20	TS 11860	pH metre	
	Tuz, m/m	max % 4	% 2.6	---	Titrasyon	
	Yoğunluk, g/cm ³	min 0.600	0.650	NADRĞ: 1978	Volumetrik Gravimetrik	
	Çözünürlük İndeksi, ml	max 1	0.5	IDF: 1964	Santrifüj	
	Yabancı Yanık Madde	Disk A/B	A	Astosan TAL-130	---	
	Toplam mezofilik aerobik mikroorganizma, kob/g	max 40.000	7.000	TS 1019	Plate Count Agar	
	Koliform, kob/0.1 g	max 10	negatif	FDA: 1998	Fluorocult VRB Agar	
	Mikrobiyolojik Özellikler	E.coli, kob/g	negatif	negatif	FDA: 1998	Fluorocult VRB Agar
Staph.aureus, kob/g	negatif	negatif	Anon., 1998 (38)	Baird-Parker Agar		
Salmonella, kob/25g	negatif	negatif	TS 8907	Selenit-Cystin Broth & Bismut-Sülfite Agar		
Maya ve Küf, kob/0.1 g	max 10	negatif	Pitt&Hocking, (86)	1997 YGC Agar		

Ek 6. Fonksiyonel havuç ieeğinin prototiplerinin duyusal analiz formu

Size sunulan örnek özel olarak geliştirilen fonksiyonel bir içecektir. Uygun formülasyonu belirlemek için lütfen aşağdaki duyusal değerlendirme formunu uygun şekilde doldurunuz.

Renk

0-----1-----2-----3-----4-----5
 Çok açık tam renginde çok koyu

Kıvam

0-----1-----2-----3-----4-----5
 az yoğun tam kıvamında çok yoğun

Tatlılık

0-----1-----2-----3-----4-----5
 tatlı değil tam tadında çok tatlı

Ekşilik

0-----1-----2-----3-----4-----5
 ekşi değil uygun ekşilikte çok ekşi

Partikül durumu

0-----1-----2-----3-----4-----5
 Çok küçük çok büyük

Havuç tadı yoğunluğu

0-----1-----2-----3-----4-----5
 az yoğun uygun yoğunlukta çok yoğun

Peynir tadı yoğunluğu

0-----1-----2-----3-----4-----5
 az yoğun uygun yoğunlukta çok yoğun

Ağızda bıraktığı his

0-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9
 Çok kötü çok iyi

Genel kabul edilebilirlik

0-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9
 kabul edilemez kabul edilir

Bu  üründen hangisini tercih edersiniz niçin?

.....

