

**ATIMLI ELEKTRİK ALANI PROSESİNİN NAR SUYUNUN KALİTE
KRİTERLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

ARZUM BAHAR KURTOĞLU

**ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS
DERECESİ İÇİN GEREKLİ ÇALIŞMALARI YERİNE GETİREREK
ONAYA SUNULAN TEZ**

EYLÜL 2014

Fen Bilimleri Enstitüsü'nün Onayı

Prof. Dr. Yaşar DÜRÜST

Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinde bir tez olarak gerekli çalışmaları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof.Dr. Ömer ZORBA

Ana Bilim Dalı Başkanı

Okuduğumuz bu tezin Yüksek Lisans derecesinde bir tez olarak onaylanması, düşüncemize göre, amaç ve kalite olarak tamamen uygundur.

Doç. Dr. Gülsün AKDEMİR EVRENDİLEK

Tez Danışmanı

Jüri Üyeleri

- | | |
|---|-------|
| 1.Doç. Dr. Gülsün Akdemir Evrendilek | |
| 2.Yrd. Doç. Dr. Asiye Akyıldız | |
| 3.Yrd. Doç. Dr. Nevzat Konar | |

ÖZET

ATIMLI ELEKTRİK ALANI PROSESİNİN NAR SUYUNUN KALİTE KRİTERLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Bahar Kurtoğlu, Arzum

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gülsün Akdemir Evrendilek

Eylül 2014, 105 sayfa

Çalışma kapsamında taze sıkılmış nar suyunun farklı proses parametreleri kullanarak atımlı elektrik akımı (AEA) ile prosesi ve fiziksel ve biyokimyasal özelliklerindeki değişimin incelenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla nar suyunda pH, °Briks, TA, iletkenlik, renk (L,a, b), hue, kroma, toplam renk değişimi, toplam antioksidant kapasite, toplam fenolik madde miktarı, toplam antosiyanin miktarı, antosiyanin bileşenleri, fenolik madde bileşenleri ve organik asit miktarındaki değişim incelenmiştir. Farklı proses parametreleri kullanılarak proses edilen nar sularında önemli miktarda değişim olmamıştır. Bu nedenle AEA teknolojisinin nar sularının pastörizasyonunda kullanılabileceği öngörülmektedir.

Anahtar kelimeler: Nar suyu, toplam fenolik madde, toplam antosiyanin, fenolik bileşenler, organik asitler.

ABSTRACT

EFFECT OF PULSED ELECTRIC FIELD PROCESSING ON QUALITY CRITERIA OF POMEGRANATE JUICE

Bahar Kurtoğlu, Arzum

M.Sc., Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Gülsün Akdemir Evrendilek

September 2014, 105 pages

Processing of pomegranate juice by (PEF) pulsed electric fields application with different process parameters and determination of changes on the physical and biochemical properties were aimed in this study. Changes on pH, °Briks, TA, conductivity, color (L, a, b), hue, chroma, TCD, total antioxidant capacity, total phenolic content, total antioxidant capacity, antocyanin components, phenolic components and organic acids were measured. Pomegranate juice processed by different processing parameters did not have significant difference in most of the measured attributes. Therefore, it is concluded that PEF technology can successfully be used to pasteurize pomegranate juice.

Keywords: Pomegranate juice, total phenolic content, total anthocyanin content, phenolic compounds, organic acids.

Aileme

TEŞEKKÜR

Araştırma konumun seçiminde yardımcı olan, tezimin her aşamasında bilgisini ve deneyimlerini esirgemeyen danışmanım sayın Doç. Dr. Gülsün AKDEMİR EVRENDİLEK'e sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Tez jürimde yer alarak değerli görüş ve bilimsel katkılarını sunan sayın Yrd. Doç. Dr. Asiye Akyıldız ve Yrd. Doç. Dr. Nevzat Konar 'a teşekkür ederim. Ayrıca laboratuvar çalışmalarım boyunca yardımını esirgemeyen arkadaşım Burak BİLEN, HPLC analizlerinin yapılmasındaki katkılarından dolayı Erdal AĞÇAM, bana her zaman inanan ve hep yanımda olup sabırla davranan başta eşim Ali Canip KURTOĞLU olmak üzere, kardeşim Murat Kıvılcım TURHAN ve diğer aile bireylerine tüm kalbimle sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans tez projemin önemli bir kısmı Kalkınma Bakanlığı Devlet Planlama Teşkilatı tarafından desteklenen Yenilikçi Gıda Teknolojileri Geliştirme Merkezi (YENİGİDAM, DPT 2009 K 120 410) başlıklı proje kapsamında gerçekleşmiştir. Denemelerin yapıldığı PEF jeneratörü TUBİTAK 104 O 585 nolu proje kapsamında satın alınmıştır. Dolayısıyla, finansal desteklerinden dolayı DPT ve TUBİTAK'a teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
İTHAF.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Nar Suyu.....	1
1.2. Atımlı Elektrik Alanı.....	6
1.2.1 Atımlı elektrik alanı ekipmanları.....	8
1.2.2. Mikroorganizmaların inaktivasyonu.....	10
1.2.2.1. Atımlı elektrik alanı prosesine bağlı faktörler.....	10
1.2.2.2. Gıdaya bağlı faktörler.....	13
1.2.2.3. Mikroorganizmaya bağlı faktörler.....	15
2. KURAMSAL TEMELLER VE LİTERATÜR ÖZETİ.....	19
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	26
3.1.Materyal.....	26
3.1.1. Nar suyu.....	26

3.1.2. Atımlı elektrik alan jeneratörü.....	26
3.2. Yöntem.....	28
3.2.1. Fiziksel ve Kimyasal Analizler.....	28
3.2.1.1. pH.....	28
3.2.1.2. °Briks.....	28
3.2.1.3. Kondaktivite (İletkenlik).....	29
3.2.1.4. Titrasyon asitliği.....	29
3.2.1.5. Renk.....	29
3.2.1.6. Toplam monomerik antosiyanin miktarı.....	30
3.2.1.6.1. Hazırlanan çözeltiler.....	30
3.2.1.6.2. Analizin yapılışı.....	31
3.2.1.6.3. Toplam monomerik antosiyanin miktarının hesaplanması.....	31
3.2.1.7. Antosiyanin bileşenlerin analizi.....	33
3.2.1.8. Antioksidan aktivite tayini.....	34
3.2.1.8.1. Hazırlanan çözeltiler.....	34
3.2.1.8.2. Analizin yapılışı.....	34
3.2.1.8.3. Antioksidan aktivitesinin hesaplanması.....	35
3.2.1.9. Toplam fenolik madde tayini.....	35
3.2.1.9.1. Hazırlanan çözeltiler.....	35
3.2.1.9.2. Analizin yapılışı.....	35
3.2.1.9.3. Toplam fenolik madde miktarının hesaplanması.....	37
3.2.1.10. Fenolik bileşenlerin analizi.....	37
3.2.1.11. Organik asitlerin tayini.....	39
3.2.1.12. Hidroksi metil furfural (HMF) ve furfural analizi.....	39

3.3. İstatistiksel Veri Analizi.....	42
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	44
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	96
KAYNAKLAR.....	99

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1.	Nar suyu için tanı değerleri	5
Çizelge 1.2.	Nar sularının bazı bileşim öğeleri ve özellikleri.....	6
Çizelge 3.1.	Antosiyaninler için mobil faz gradient programı.....	33
Çizelge 3.2.	Fenolik bileşikler için mobil faz gradient programı.....	38
Çizelge 3.3.	Merkezi kompozit dizayna göre deneme sayısı ve sırası.....	42
Çizelge 4.1.	Farklı proses parametrelerinde işlenen nar suyunda antosiyaninlerin değişimi.....	57
Çizelge 4.2.	Farklı proses parametrelerinde işlenen nar suyunda organik asitlerin değişimi.....	66
Çizelge 4.3.	Farklı proses parametrelerinde işlenen nar suyunda fenolik maddelerde görülen değişimi.....	74
Çizelge 4.4.	En iyi uyumlu çoklu regresyon (MNLR) modelleri ($n = 93$).....	94

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Atımlı elektrik alanı uygulaması OSU-4D sistemi.....	9
Şekil 1.2.	Hücre zarı elektroporasyonu	17
Şekil 1.3.	Hücre zarının elektrik akımı altında göstermiş olduğu yapısal değişiklik	18
Şekil 3.1.	OSU-4A atımlı elektrik akımı jeneratörü.....	27
Şekil 3.2.	İki kutuplu kare şeklinde uygulanan elektrik akım dalgası.....	28
Şekil 3.3.	CIELAB (The International Commission On Illumination L, a, b) renk skalası	30
Şekil 3.4.	Spektrofotometrede antosiyonin miktarı tayini.....	32
Şekil 3.5.	Gallik asit kalibrasyon eğrisi.....	36
Şekil 3.6.	Fenolik bileşenlerin ekstraksiyon yöntemi.....	37
Şekil 3.7.	Hidroksimetilfurfurol tayin yönteminin akış şeması.....	41
Şekil 4.1.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve elektrik alan şiddetinin fonksiyonu olarak uygulanan enerji (J) seviyesinin değişimi.....	44
Şekil 4.2.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak pH değişimi.....	45
Şekil 4.3.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak °Briks değişimi.....	46
Şekil 4.4.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi	

	ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak TA (%) değişimi.....	47
şekil 4.5.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) değişimi.	48
şekil 4.6.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak antioksidant kapasite (%) değişimi.....	49
şekil 4.7.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak antosiyanin miktarı ($\text{mg}/100$ mL) değişimi.....	50
şekil 4.8.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak renk L değeri değişimi.....	51
şekil 4.9.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak renk a değeri değişimi.....	52
şekil 4.10.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak renk b değeri değişimi.....	53
şekil 4.11.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak kroma değeri değişimi.....	54
şekil 4.12.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak hue değeri değişimi.	55
şekil 4.13.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak TRD değişimi.....	56
şekil 4.14.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak delfinidin-3,5 diglukozit (mg/L) miktarındaki değişim.....	59

Şekil 4.15.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak siyanidin-3,5 diglukozit (mg/L) miktarındaki değişim.....	60
Şekil 4.16.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak delfinidin-3-glukozit (mg/L) miktarındaki değişim.....	61
Şekil 4.17.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak pelargonidin-3,5-diglukozit (mg/L) miktarındaki değişim.....	62
Şekil 4.18.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak siyanidin-3-glukozit (mg/L) miktarındaki değişim.....	63
Şekil 4.19.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak pelargonidin-3-glukozit (mg/L) miktarındaki değişim.....	64
Şekil 4.20.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak tartarik asit (mg/L) miktarındaki değişim.....	65
Şekil 4.21.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak kuinik asit (mg/L) miktarındaki değişim.....	68
Şekil 4.22.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak okzalik asit (mg/L) miktarındaki değişim.....	69

Şekil 4.23.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak malik asit (mg/L) miktarındaki değişim.....	70
Şekil 4.24.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak sitrik asit (mg/L) miktarındaki değişim.....	71
Şekil 4.25.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak süksinik asit (mg/L) miktarındaki değişim.....	72
Şekil 4.26.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak fumarik asit (mg/L) miktarındaki değişim.....	72
Şekil 4.27.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak askorbik asit (mg/L) miktarındaki değişim.....	73
Şekil 4.28.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak klorojenik asit (mg/L) miktarındaki değişim.....	73
Şekil 4.29.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak p-kumarik asit (mg/L) miktarındaki değişim.....	79
Şekil 4.30.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak ferulik asit (mg/L) miktarındaki değişim.....	80

Şekil 4.31.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak rutin (mg/L) miktarındaki değişim.....	81
Şekil 4.32.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak kuersetin (mg/L) miktarındaki değişim.....	82
Şekil 4.33.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak shapik asit (mg/L) miktarındaki değişim.....	83
Şekil 4.34.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak kafeik asit (mg/L) miktarındaki değişim.....	84
Şekil 4.35.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak gallik asit (mg/L) miktarındaki değişim.....	85
Şekil 4.36.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak (+) kateşin (mg/L) miktarındaki değişim.....	86
Şekil 4.37.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak vanilik asit (mg/L) miktarındaki değişim.....	87
Şekil 4.38.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak (-) epikateşin (mg/L) miktarındaki değişim.....	88

Şekil 4.39.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak o-kumarik asit (mg/L) miktarındaki değişim.....	89
Şekil 4.40.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak (-) epikateşin gallat (mg/L) miktarındaki değişim.....	90
Şekil 4.41.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak ellajik asit (mg/L) miktarındaki değişim.....	90
Şekil 4.42.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak hidroksi metil furfural (HMF) (mg/L) miktarındaki değişim.....	91
Şekil 4.43.	Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak furfural (mg/L) miktarındaki değişim.....	92

SİMGELER VE KISALTMALAR

ACE	: Angiotensin Converting Enzim
AEA	:Atımlı Elektrik Alanı
DPPH	:2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl
HIPEF	:High Intensity Pulsed Electric FieldS
HMF	:Hidroksi Metil Furfural
HPLC	:High Performance Liquid Chromatography
LDL	:Low Density Lipoprotein
MEYED	:Meyve Suyu Endüstrisi Derneği
MNLR	:Multiple Nonlinear Regression
PEF	:Pulsed Electric Fields
Pps	:pulse per second
SSA	:Susuz Sitrik Asit
TA	:Titrasyon Asitliği
TRD	:Toplam Renk Değişimi

1. GİRİŞ

1.1. Nar Suyu

Nar (*Punica granatum*, L.) Punicaceae familyasına ait olup Güneydoğu Asya kökenli bir bitkidir. Oradan Özbekistan, İran, Türkiye ve Akdeniz çevrelerine yayılmıştır ve günümüzde Amerika'da bile yetişmektedir (Vardin ve Fenercioğlu, 2003). Nar üreten başlıca ülkeler İran, Hindistan ve Çin'dir. Türkiye ise bu ülkelerin ardından dördüncü sırada yer almaktadır (Turfan ve ark., 2011). Akdeniz Havzası'nda Tunus, Fas, İsrail yıllık 30 000 tonun üzerinde üretim yapan ülkelerdir (Kurt, 2013).

Yaklaşık 5000 yıldır kültüre alındığı bilinen nar çok soğuk yöreler dışında, her bölgede genellikle sıcak ve kurak iklim bölgelerinde yetişmektedir. Türkiye'de nar üretimini 2010 yılı verilerine göre incelendiğinde % 60'ını (125 065 ton) yani yarısından fazlasını Akdeniz Bölgesi, % 25'den fazlasını Ege Bölgesi, % 10.5'ini (17 235 ton) Güneydoğu Anadolu Bölgesi oluşturmaktadır (Kurt, 2013).

Meyve Suyu Endüstrisi Derneği (MEYED) verilerine göre; meyve suyuna işlenen meyve miktarı 2010 yılında ise 825 bin tona yükselmiştir. Nar suyu 79 bin ton ile toplam meyve suyu üretiminin % 10 paya sahiptir. MEYED verilerine göre toplam meyve konsantresi üretimi 2010 yılında 2006 yılına kıyasla % 53 nispetinde artış kaydederek 96 bin tona ulaşmıştır ve % 8'lik pay ile nar konsantresi üçüncü sıradadır (Anonim, 2014a).

Narın yüzlerce varyetesinden söz edilmektedir. En yaygın olanları; Hindistan'da ganesh, İran'da malas, Türkiye'de hicaz, Amerika'da wonderful, İspanya'da mallar ve Azerbaycan'da galosha'dır (Ekşi ve Uncu, 2009). Nar meyvesi, Ekim-Kasım döneminde hasat edilmektedir. Genel olarak kabuk oranı % 60, tane oranı % 40 dolayındadır. Tanenin yaklaşık % 35'i çekirdek, % 65'i ise meyve suyudur. Tane rengi açık pembeden koyu kırmızıya kadar değişmektedir (Ekşi ve Uncu, 2009). Nar danelerinin 100 gramında; % 80.97 su, % 17.17 karbonhidrat, % 0.95 protein ve % 0.30 yağ olduğu ve danelerin 100 g'sinin 68 kcal enerji verdiği bildirilmektedir (USDA, 2014). Üretimi sürekli artmakta olan nar, dünyada taze olarak tüketilmesinin yanında meyve suyu, konsantre, ekşi, şurup, jöle, reçel gibi birçok ürüne işlenebilmektedir. Narın taze olarak tüketiminin en büyük olumsuz yönü yenmesindeki zahmetten ve çekirdeklerinin genellikle iri ve sert olmasından kaynaklanmaktadır (Cemeroğlu, 1977).

Nar suyundaki buruk tat; meyvenin preslenmesi sırasında kabuktan meyve suyuna geçen kabuktaki fenolik maddelerden kaynaklanmaktadır. Nar sularının antioksidan aktivitesi önemli düzeyde fenolik madde miktarıyla ilişkilidir. Üretiminde presleme sırasında uygulanan basınç ve sürenin artışıyla antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarının da artmaktadır (Ünal ve ark., 1995). Presleme basıncının 100 psi'yi aşmaması önerilmektedir. Bunun nedeni perikarpten fazla miktarda tanen ve çekirdekten lipoid geçmesidir. Tanenin fazlası tat, lipoidin fazlası ise durultma açısından olumsuzdur (Ekşi ve Uncu, 2009).

Nardan (kabuklar dâhil), yaklaşık % 45–65 verimle meyve suyu üretilmekle birlikte, üretilen nar suyunun içilebilir nitelikte yani fazla buruk olmamasına özen gösterilmelidir. Bunun için, endüstriyel nar suyu üretiminde randımanın % 40'ı

geçmemesi önerilmektedir (Cemeroğlu, 1977). Yapılan bir çalışmada, nar suyu randımanında % 54'e kadar ulaşabildiği, ancak bu denli yüksek randımanında üretilen nar suyunun tadının, içerdiği fazla miktardaki fenolikler nedeniyle aşırı buruk olduğu saptanmıştır (Vardin ve Fenercioğlu, 2003). Poyrazoğlu ve ark. (2002) tarafından ülkemizde Akdeniz Bölgesi'nde yetiştirilen nar çeşitlerinin, meyve suyu ekstraksiyon verimi, serum-pulp oranı ve şeker-asit dengesi baz alınarak analiz edildiği bir çalışmada; narın meyve suyu ekstraksiyon verimi % 40 olarak belirlenmiş, asit ve şeker bileşimlerine bakılarak narlar tatlı, mayhoş ve ekşi olarak sınıflandırılmıştır. Nar suyuna işlenecek olan hammaddenin; tanelerin iri ve sulu olması, tadının hafif asidik- tatlı olması suyunun morumsu kırmızı renkte olması, tanen içeriğinin % 0.25'ten fazla olmaması istenmektedir (Shi ve ark., 2005).

Son yıllarda insanların sağlıklı beslenme bilincinin artması nar suyu gibi fonksiyonel gıdalara talep giderek artmaktadır. Fonksiyonel gıdalar temel beslenme gereksinimi sağlamanın yanında insan sağlığı ile ilgili olarak bir artı sağlaması veya hastalanma riskini azaltması ile birlikte bir ya da daha fazla sayıda vücut fonksiyonunu hedefleyerek yararlı şekilde etkileyen gıdalardır. İçecek kategorisinde nar suyunun değeri 2006 yılından itibaren hızla artmıştır (Anonim, 2014 b).

Üzüm nar gibi kırmızı meyveler ve bu meyvelerin suları antioksidan aktiviteleri nedeniyle öne çıkmaktadır. Çeşitli biyoflavanoidleri çok miktarda içermesi ve serbest radikalleri tutma aktivitesi nedeniyle nar AIDS tedavisinde tavsiye edilmektedir (Lee ve Watson, 1998). Nar ayrıca AIDS'in tedavisi için verilen Japon patentli formüldeki dokuz bitkiden biridir (Pérez-Vicente ve ark., 2002). Yapılan araştırmalarda narın ACE (Angiotensin Converting Enzim) enziminin olumsuz etkilerini önleyerek kan basıncını (tansiyonu) düzenlediği ve kan

damarlarındaki tahribatı onardığı (Aviram ve Dornfeld, 2001), prostat kanserini ve artriti önlediği ishali durduğu, bakteri yiyen lökosit hücrelerini koruduğu tespit edilmiştir (Malik ve ark., 2005).Yapısındaki beta karoten vasıtasıyla fagosit hücreleri otooksidatif zarardan korur, tümör oluşumu yatkınlığını azaltır, bağışıklık sisteminde rol oynatan T hücrelerini destekler, sitokin oluşumuna yardım eder (Humaira ve ark., 2013).

ABD’de yaygın olarak tüketilen polifenol madde miktarı açısından zengin nar suyu, kırmızı şarap ve üzüm suyunun içinde bulunduğu bir grup içeceğin toplam fenolik madde ve antioksidan potansiyelini karşılaştırmış ve nar suyunun diğer içeceklerden en az % 20 daha fazla antioksidan kapasitesi ve en yüksek fenolik madde içeriğine sahip olduğu rapor edilmiştir (Seeram ve ark., 2008). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda nar suyunun içermiş olduğu polifenolik maddeler ve antosiyaninlerin sağlık üzerinde olumlu etkisinin olduğunu göstermiştir. Bu bileşiklerin vücutta serbest radikal oluşumunu önleyerek kanser ve kalp damar hastalıklarını önlemede önemli rolü olduğu bildirilmektedir (Yiannis ve ark., 2013). Ayrıca yüksek tansiyonlu hastalarda kan basıncını düşürerek hastalığı önleyici yönde etki gösterdiği ve LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) oksidasyonunu önlemede fonksiyonu olduğu da belirtilmektedir (Aviram ve Dornfeld, 2001).

Avrupa Meyve Suyu Birliği Uygulama Kılavuzu Uzman Grubu nar suyu tanı değerleri taslağı oluşturulmuştur. Bazı önemli özelliklerin limitleri Çizelge 1.1’deki gibi belirlenmiştir. Narın bileşimine yönelik yapılan kapsamlı bir araştırmada, değişik yörelerden temin edilen 120 farklı nar örneğinden, kabukları ile preslenerek elde edilen nar sularında bazı bileşim öğeleri belirlenmiştir (Cemeroğlu ve ark., 2004) (Çizelge 1.2).

Narın karakteristik parlak kırmızı-viole rengi de antosiyaninlerden kaynaklanmaktadır. Antosiyaninlerin, narlara sadece renk yönünden çekicilik kazandırmadığı ayrıca, beslenme ve sağlık üzerine de yararlı etkileri olduğu son yıllarda yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Antosiyaninler; başta yüksek sıcaklık (gerek ısıtım işlem ve gerekse de depolamada) olmak üzere, oksijen, pH, hidrojen peroksit, askorbik asit ve şekerler gibi çeşitli fiziksel ve kimyasal faktörlerden etkilenmektedir. Bu nedenle, özellikle meyve bazlı ürünlerde işleme ve depolama aşamalarında antosiyaninlerin parçalanıp kaybolmamasına özen gösterilmekte ve antosiyaninlerin bu ürünlerdeki stabilitesi giderek önem kazanmaktadır (Turfan, 2008).

Çizelge 1.1. Nar suyu için tanı değerleri (Ekşi ve Özhamamcı, 2009).

Özellik	Limit	Yorum
Briks	min. 14.0	doğrudan meyve suyu için
	min. 15.0	konsantreden meyve suyu için
Titrasyon asitliği (%SSA)	0.2-4.5	tipik 10-15
Na (mg/L)	30	yöreye ve teknolojiye bağlı olarak artabilir.
K (mg/L)	1800-2500	tipik 1800-2500
Mg (mg/L)	20-110	tipik 60 dolayında
Ca (mg/L)	120	tipik 50-100
P (mg/L)	50-170	
Formol sayısı	5-20	
Glukoz (%)	4-5	
Fruktoz (%)	4.5-9	
Glukoz/fruktoz	0.8-1.0	
Sakkaroz (%)	-	düşük miktarlar analiz metoduna bağlı olabilir
Sorbitol (mg/L)	maks. 250	tür, olgunluk, mikrobiyel bozulma, kuraklık etkiler
Sitrik asit (%)	4.8	
L-malik asit (%)	0.15	

SSA: Susuz Sitrik Asit

Çizelge 1.2. Nar sularının bazı bileşim öğeleri ve özellikleri (Cemeroğlu ve ark., 2004).

Bileşen veya özellik	Ortalama	Maksimum	Minimum
pH	3.53	4.41	2.4
Titrasyon asitliği (g/L)	8.58	55.2	2.0
Sitrik asit (g/L)	5.47	32.8	0.28
Malik asit (g/L)	0.87	2.83	0.0
Briks (%)	16.3	18.7	13.2
İndirgen şeker (g/L)	153.2	194.2	110.4
Glukoz (g/L)	64.8	82.7	47.1
Fruktoz (g/L)	71.5	97.8	51.7

1.2. Atımlı Elektrik Alanı

Son yıllarda tüketicilerin bilinçlenmeleri ve gıda maddelerini seçerken sağlıklarını düşünerek doğala yakın gıda talebinde artış olmuştur. Bu nedenle gıda işleme sırasında orijinal tat, renk ve yüksek besin değerini korumak gittikçe önem kazanmaktadır. Geleneksel ısı işlemleri mikrobiyel inaktivasyon sağlanırken sıcaklık etkisiyle besin kaybının yanı sıra aroma ve tat değişiklikleri gerçekleşir. Klasik yöntemlerden farklı olarak termal (ısısal) olmayan gıda muhafaza yöntemi olarak atımlı elektrik alanı (PEF) öne çıkmaktadır (Gongora-Neito, 2002; Mosqueda-Melgar ve ark., 2012).

Gıdalarda elektrik alanı uygulamaları ilk defa 1900’lü yıllarda başlamıştır. Bu konuda ilk çalışmalar süt örnekleri üzerinde yapılmıştır. Daha sonraki yıllarda elektrik alanının sıvı gıdalardaki mikroorganizma inaktivasyonuna ve enzimler üzerine etkisi konusunda bilimsel çalışmalar yoğunlaşmıştır (Huang ve Wang, 2009). Beattie ve Lewis (1925) gıdalara uygulanan 3000-4000 volt elektrik boşalımının öldürücü

etki gösterdiğini bulmuşlardır (Humberto ve ark., 2007). Meyve sularının pastörizasyonu amacıyla ilk ticari PEF ünitesi Genesis tarafından 2005 yılında 200 L/saat kapasiteli olarak ABD’nde kurulmuş ve atımlı elektrik alan uygulaması ile pastörize edilen meyve sularının raf ömrünün 4 hafta olduğunun belirlenmesi ile tekniğin güvenli olduğu görülmüştür (Töpfl, 2006). PEF teknolojisi laboratuarda yapılan çalışmaların başarılı olması üzerine endüstriyel olarak kullanılmaya başlanmış ve işlem kapasitesi 80 kW’tan 240 kW’ya arttırılmıştır ve bu sistemler 10.000 L/saat ürün işleme olanağı vermektedir (Töpfl, 2006).

PEF uygulaması, oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda uygulandığından düşük enerji kullanımı sağlamaktadır. Ayrıca düşük sıcaklıkta çalışıldığından ürünün besinsel özellikleri ile renk, tat ve kokusu diğer tekniklere göre daha iyi korunmaktadır (Heinz ve ark., 2003; Odriozola-Serrano ve ark., 2013). PEF teknolojisi uygulamasında, yüksek voltajlı elektrik akımı üretiminin sağlanması, işleme sırasında sıcaklık değişimlerini minimize edecek ve uniform uygulama yapılmasını sağlayacak uygulama odacıkları oluşturulması, elektrotların, elektroliz tehlikesini en aza indirgeyecek şekilde tasarlanması, gıdaya uygulanacak elektrik akım şiddetinin ve uygulama süresinin seçimi, işlenecek gıdanın viskozitesi gibi hususlar dikkate alınmalıdır (Huang ve Wang, 2009).

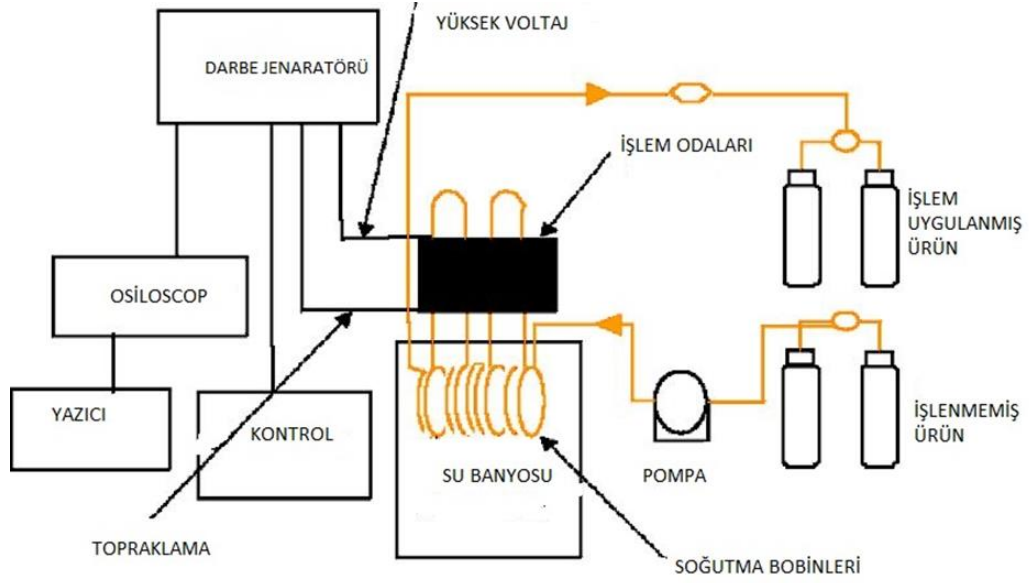
PEF ile yapılan çalışmalarda yoğurt, domates suyu, elma suyu, havuç suyu, elma şarabı, kızcılık suyu, portakal suyu, çiğ süt, yeşil bezelye çorbasının fiziksel ve kimyasal özelliklerinde belirgin bir değişikliğe yol açmadığı görülmüştür (Evrendilek ve ark., 2000; Singh ve Kumar, 2011; Maged ve ark., 2012). PEF prosesi pastörizasyon ve sterilizasyon amacıyla iki elektrot arasına yerleştirilmiş olan gıdaya μs -ms (1-10 μs) arasında değişen sürelerde kısa dalga boylu yüksek voltajlı elektrik

alanının (20-80 kV/cm) periyodik olarak uygulanması esasına dayanmaktadır (Abenoza ve ark., 2013; Odriozola-Serrano ve ark., 2013). PEF uygulamasıyla büyük miktarda elektrik akımı sıvı gıdada bulunan ve elektrik akımı taşıyan iyonların konsantrasyonlarına bağlı olarak gıdaya geçmektedir (Zhang ve ark., 1995; Maged ve ark., 2012). PEF işlem yapılan ürünlerdeki kimyasal ve fiziksel özellikleri değiştirmeden mikroorganizmalar inaktive eden bir işlemdir (Gongora-Neito ve ark., 2002).

1.2.1. Atımlı elektrik alanı ekipmanları

Genel olarak atımlı elektrik alanı (AEA) sistemi 3 kısımdan oluşmuştur ve bunlar yüksek voltajlı elektrik akımı üretimi için jeneratör, sıvı gıdanın sisteme taşınmasını sağlayan iletim sistemi, örneğin tutulması ve proses edilmesi için uygulama odacıkları ile monitörden (Şekil 1.1) ibarettir (Huang ve Wang, 2009; Soliva-Fortuny ve ark., 2009).

Elektrik akım jeneratörü: Bu jeneratör düşük seviyedeki enerjiyi gücü yüksek enerjiye çevirir ve PEF sistemine yüksek voltaj sağlar. Düşük seviyedeki voltaj sistemde biriktirilip depo edilir ve ardından hemen yüksek seviyedeki voltaja çevrilip elektrik akımı olarak üretilir. Üretilen yüksek voltajlı elektrik akımı mikro saniyelik sürelerde uygulama odasındaki gıdaya verilir ve elektrik akımı mikro saniyelik sürelerde uygulandığından gıdanın ısınması minimum düzeyde olur (Zhang ve ark., 1995).



Şekil 1.1. Atımlı elektrik alanı uygulaması OSU-4D sistemi (Maged ve ark., 2012).

Yüksek akım işlem odacıkları: Uygulama odacıklarının görevi gıdaya elektrik akımı vermektir. Odacıklarda karşılıklı olarak yerleştirilmiş elektrotlar bulunur ve materyal bu elektrotlar arasından geçerken yüksek voltajlı elektrik akımına maruz bırakılır. Odacıklar birbirine seri halde bağlanmış durumdadır ve iki odacık arasında iletimi sağlayan borular yerleştirilmiştir. Borular su banyosu içerisine daldırılmış konumdadır. Böylece sistemde fazla ısınma da engellenebilmektedir. PEF ile yapılan üretimlerde homojenliği sağlamak için elektrik akımının değişmeyen bir seviyede uygulanması gerekmektedir (Zhang ve ark., 1994). Bu amaçla zaman içerisinde yeni tasarımların gelişmesi ile birlikte uygulama odalarının tasarımı, statik uygulama odasından sürekli uygulama odalarına doğru değiştirilmiştir (Altuntaş ve ark., 2008).

Sıvı gıdanın PEF sisteminde taşınmasını sağlayan sıvı taşıma sistemi: Laboratuvar 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 taşınmasını sağlayan esnek plastik tüpler ile gıdanın yapısına uygun nitelikteki, ürünün uygulama odacıklarına iletimini sağlayan bir pompadan oluşmaktadır. Pilot işletmelerde sıvı taşıma sistemi aseptik olarak dizayn edilmiş ürün hazırlama tankları, gaz alma ünitesi, ısı değiştiriciler ve gıdanın sistem içerisinde taşınmasına hizmet eden yarıçapı daha büyük paslanmaz çelik borulardan oluşmaktadır (Altuntaş ve ark., 2008).

1.2.2. Mikroorganizmaların inaktivasyonu

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

- 1- PEF prosesine bağlı faktörler
- 2- Gıdaya bağlı faktörler
- 3- İnaktivasyonu hedeflenen mikroorganizmaya bağlı faktörler olarak sıralamak mümkündür (Barbosa-Canovas ve ark., 1999; Wouters ve ark., 2001).

1.2.2.1. Atımlı elektrik alanı prosesine bağlı faktörler

Elektrik alan şiddeti ve uygulama süresi: Elektrik alan şiddeti ve uygulama süresi arttığında PEF uygulamasının mikrobiyel ve enzim inaktivasyonuna etkisi artmaktadır (Vega-Mercado ve ark., 1996a; Rastogi, 2003). Kısa zamanlı ve kuvvetli elektrik alan uygulaması hücre zarında basınç değişimine yol açar. Uygulanan akım kritik değeri aştığında hücre duvarında gözenekler oluşur ve geçirgenlik artar. İşleme devam

edildiğinde hücre zarı parçalanır (Şekil 1.2). Bu olaya “elektroporasyon “ adı verilir (Rastogi, 2003; Timmermans ve ark., 2014). Düşük elektriksel alan şiddetinde yapılan (belirli bir kritik seviyeye kadar) çalışmalarda hücre yaralanmalarının iyileştiği (Angersbach ve ark., 2000), yüksek şiddette elektrik alan uygulamalarında hücre zarı bütünlüğünün bozulduğu geri dönüşümsüz elektroporasyon gerçekleştiği tespit edilmiştir (Huang ve Wang, 2009; Gongora-Neito ve ark., 2002; Coimbra ve Teixeira, 2010). Hücre geçirgenliğine sebep olan kritik alan şiddeti; hücre geometrisine ve büyüklüğüne göre değişmekle birlikte bitki hücreleri için 1-2 kV/cm (hücre boyutu 40-200 μ m), mikroorganizmalar için 12-20 kV/cm (hücre boyutu 1-10 μ m) kadardır (Soliva-Fortuny ve ark., 2009).

Atım genişliği: Atım genişliği optimum düzeyde olursa inaktivasyonda artış meydana gelmektedir. Atım genişliği gereğinden fazla uzun olursa gıdanın sıcaklığı istenmeyen bir seviyeye yükselebilir. Bu nedenle atım genişliğinin sıcaklığın istenilen aralığı geçmesine neden olmayacak şekilde ayarlanması gerekmektedir (Zhang ve ark., 1995). Buna karşın atım genişliğinin kısa olması sistemin sürekli olarak elektrik akımı ile doldurulup boşaltılmasına neden olacağından kapasitöre ek bir yük getirmekte ve sistemin etkin olarak çalışmasını olumsuz yönde etkilemektedir (Altuntaş ve ark., 2008).

Uygulanan dalga modeli: PEF prosesinde kare, logaritmik olarak azalan, titreşimli ve ani geri dönüşümlü dalga modelleri kullanılabilir. Kare ve ani geri dönüşümlü dalga modelleri monopolar (tek kutuplu) ve bipolar (çift kutuplu) olarak uygulanmaktadır. Kare dalga modeli logaritmik olarak azalan atım modeline göre daha fazla öldürücü

etkiye sahip olup; kullanılan enerji bakımından daha verimlidir (Qin ve ark., 1994; Dymek ve ark., 2014).

Biopolar atımların enzimlerin inaktive edilmesinde monopolar atımlara göre daha etkili olduğu bilinmektedir. Yapılan bir çalışmada 40 kV/cm elektrik alan şiddeti, 57 µs uygulama süresi ve biopolar 2 µs kare dalga atımlar ile domates suyunda başlangıç lipoksigenaz aktivitesinin % 54 azaldığı belirlenmiştir (Min ve Zhang, 2003). PEF prosesinde yüklü moleküllerin (örneğin, proteinler) elektrotların yüzeyine göç etmesiyle uygulama odasında elektrotların üzerinde koruyucu bir tabaka oluşabilmektedir. Bipolar atımlar bu koruyucu tabakanın oluşmasını engellemek için de kullanılmaktadır. Bu nedenle bipolar uygulama monopolar uygulamaya göre enerji bakımından daha verimlidir (Barbosa-Cánovas ve ark., 1999).

Uygulama sıcaklığı: Yapılan çalışmalarda elektrik alan şiddeti sabit tutulduğunda uygulama sıcaklığının artırılmasıyla mikrobiyal inaktivasyonun arttığı görülmüştür. Ancak sıcaklık pastörizasyonda uygulanan sıcaklıkların altında tutulmalıdır. Elektrik akımı uygulanması sırasında gıdanın sıcaklığının yükselmesine yol açmakta olduğundan sistemde uygun bir şekilde soğutma sağlanmalıdır. Atımlar arasındaki sürenin yeterli seviyede ayarlanması, yüksek akış hızı ve soğutma cihazlarının kullanımıyla gıdalarda uygun sıcaklıklar sağlanmaktadır. PEF uygulamalarında bazı durumlarda inaktivasyonu artırmak ve özellikle yüksek viskoziteli gıdalarda akışı kolaylaştırmak amacı ile PEF prosesi orta derecede ısı uygulaması (20-50°C) ile kombine edilmektedir (Ratanatriwong ve ark., 2001; Yeom ve ark., 2004).

Vega-Mercado ve ark. (1996b) tarafından bu kapsamda yapılan bir çalışmada 55°C’de PEF uygulaması sonucunda bezelye çorbasında *E. coli* konsantrasyonunda 6.5

log kob/mL azalma görülmüş; ancak sıcaklık 32°C'ye düşürüldüğünde 1 log kob/mL'den daha az bir azalma tespit edilmiştir. Sıcaklığın yükselmesi hücre membranının akışkanlığını artırmaktadır. Buna bağlı olarak; mikroorganizmayı çevreleyen ortamda organik asitler gibi maddeler varsa bu maddelerin hücre içerisine transferi kolaylaşmakta ve inaktivasyon hızı yükselmektedir (Liu ve ark., 1997).

1.2.2.2. Gıdaya bağlı faktörler

Gıdanın viskozitesi: Genel olarak PEF prosesi bir pompa yardımı ile pompalanabilen düşük viskoziteli elektrik akımını yeterli düzeyde iletebilecek miktarda iyon bulundurabilen bir sınıra kadar yüksel elektrik iletkenliği gösteren gıdalara uygulanmaktadır. Bu özelliği taşımayan gıdalarda PEF prosesi öncesi ısı uygulaması ile viskozite düşürülmekte; dolayısı ile gıda peristaltik veya dişli pompa vasıtası ile belirli bir akış hızında pompalanabilmektedir (Ruhlman ve ark., 2001).

Gıdanın elektrik iletkenliği (kondaktivitesi) ve iyonik direnci: PEF uygulaması düşük elektriksel iletkenliğe (kondaktivite) sahip gıdalarda daha etkilidir. Kondaktivitenin düşmesi uygulama ortamı ve mikroorganizmanın stoplazması arasındaki kondaktivite farkının yükselmesini sağlamaktadır. Kondaktivite farkının yükselmesi sonucu PEF uygulaması süresince mikroorganizmaların membranlarından iyonik madde akışı artmakta ve buna bağlı olarak mikroorganizmaların membran yapısı zayıflamaktadır. Ancak, kondaktivitenin çok aşırı düşük olmaması da gerekmektedir. Aksi takdirde elektrik akımını iletecek olan iyonların miktarı çok az olacağından elektrik akımının iletilmesi zorlaşmaktadır. Ayrıca kondaktivitenin yükselmesi gıdanın iyonik direncinin

artmasına; gıdanın iyonik direncinin artması da mikroorganizmaların inaktivasyon hızında azalmaya neden olmaktadır (Pothakamury ve ark., 1996; Vega-Mercado ve ark., 1996b; Zhang ve ark., 1995).

Gıdanın asitliği: PEF ile proses edilecek gıdaların yüksek asitliğe sahip olması mikroorganizma türüne bağlı olarak inaktivasyonun sağlanmasında artış sağlamaktadır. Vega-Mercado ve ark. (1996a) *E. coli* inaktivasyonunun düşük pH (5.69) değerinde yüksek pH (6.82) değerinden daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Raso ve ark. (1998) düşük pH değerinde PEF'in meyve sularında küf sporları üzerindeki ölümcül etkisinin arttığını belirtmiştir. García ve ark. (2005) düşük pH'nın *Bacillus subtilis*, *Listeria monocytogenes*, *Lactobacillus plantarum*, *Staphylococcus aureus*, *E. coli* O157:H7 ve *Yersinia enterocolitica*'nın PEF uygulamasında hücrenin boyut, şekil ve hücre zarının çeşidinden daha etkili olduğunu belirtmiştir.

Gıdanın su aktivitesi: Belirli bir seviyeye kadar düşük su aktivitesine (a_w) sahip bir ortamda PEF uygulamalarına karşı mikrobiyal direnç yüksektir. Çikolata liköründe veya model sistemde inoküle edilen *Enterobacter colacae* inhibisyon seviyesinin likörün veya model sistemin su aktivitesi değerinin artmasına bağlı olarak yükseldiği belirtilmiştir (Min ve Zhang, 2003).

Gıdada antimikrobiyal madde varlığı: PEF ile proses edilen gıdalarda antimikrobiyal madde bulunması mikrobiyal inaktivasyonu artırmaktadır (Altuntaş ve ark., 2008). Çiğ sütte PEF uygulaması ile antimikrobiyel madde olan nisin, lizozim eklenerek orta sıcaklıkta (52°C) yapılan PEF uygulamasının mukayese edilmiş; antimikrobiyel madde

kullanımında daha yüksek bir mikrobiyel inaktivasyon elde edilmiştir (Smith ve ark., 2002).

1.2.2.3.Mikroorganizmaya bağlı faktörler

Mikroorganizmanın türü: Mayalar genellikle PEF uygulamasına karşı bakterilerden daha hassas iken Gram (+) bakteriler Gram (-) bakterilerden daha fazla direnç göstermektedir (Qin ve ark., 1995). Grahl ve Markl (1996) maya hücrelerinin çaplarının bakteri hücrelerine göre daha büyük olmasının bu durumun nedeni olarak göstermişler ve büyük çaptaki hücrelerin, küçük çaplı hücrelere göre daha düşük elektrik alan kuvvetinde inaktive edilebileceği tespit edilmiştir. Bunun yanında aynı araştırmacılar sütte yaptıkları çalışmalarda yağ partiküllerinin bakterileri elektrik alan kuvvetine karşı koruduğunu belirtmişlerdir.

Sporların asitli gıdalarda bulunması zor olduğu için PEF bu tür gıdalara etkili şekilde uygulanabilir. Bundan dolayı PEF’te özellikle meyve sularında vejetatif mikroorganizma inaktivasyonu konusunda çalışmalar yoğunlaşmıştır. Spor içeren gıdalara da diğer koruma teknolojiyle kombine bir şekilde uygulama olanağına sahiptir. PEF’in sadece sıvı gıdalara uygulanabilmesi ve etkinliğinin gıdanın elektrik iletkenliğine bağlı olması yöntemin dezavantajı olarak kabul edilmektedir (Devlieghere ve ark., 2004).

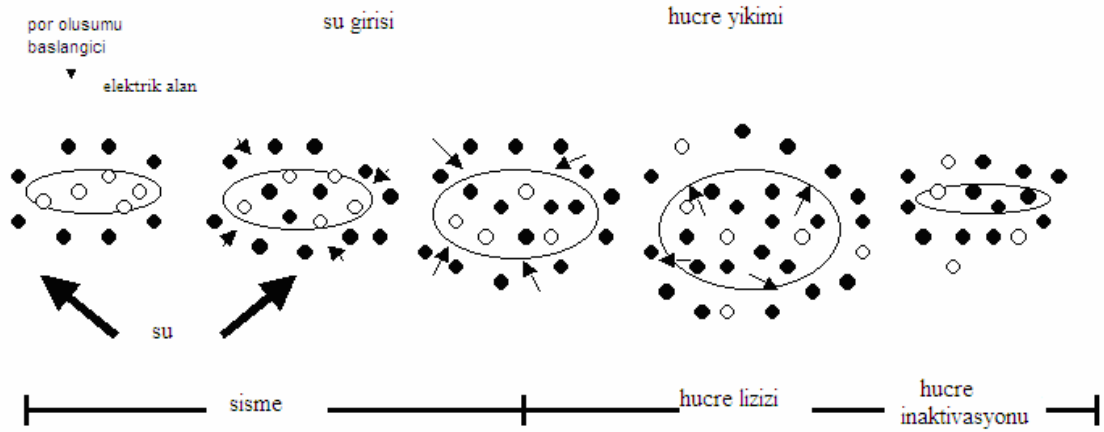
Mikroorganizmanın büyüklüğü ve morfolojisi: Genel olarak kabul edilen husus mikroorganizmaların hücre büyüklükleri arttıkça PEF prosesi ile inaktivasyonlarının artacağı şeklindedir. Buna göre basil ve spiraller koklara göre daha kolay inaktive

olmaktadırlar (Altuntaş ve ark., 2008; Dymek ve ark., 2014).Yapılan çalışmalarda, maya hücrelerinin bakterilere göre daha fazla alana sahip olduklarından elektrik alan uygulamasına karşı daha hassas olmalarına rağmen Gram (-) hücrelerden daha dirençli oldukları görülmüştür (Rastogi, 2003).

Mikroorganizma konsantrasyonu: Besinlerde bulunan mikroorganizmaların konsantrasyonu (sayısı) elektrik alanın inaktivasyonu üzerinde önemli etkiye sahiptir. Elma suyu içerisinde bulunan *S.cerevisiae* konsantrasyonunu artması PEF'in etkisini azaltmaktadır (25 kV/cm elektrik alan şiddeti, 25 µs atım süresi) (Qin ve ark., 1995).

Mikroorganizmanın büyüme fazı: Genel olarak mikroorganizmalar logaritmik gelişim evresinde latent evresine ve duraklama evresine göre strese karşı çok daha fazla hassastır (Pothakamury ve ark., 1996) Logaritmik gelişim evresinde hücrelerin bölünme hızı çok yüksektir. Metabolik faaliyetler ve enerji harcaması en yüksektir. Bu yüzden hücre zarı elektrik alan uygulamasından çok çabuk etkilenir (Hülsheger ve ark., 1983).

Elektrik akım uygulaması ile hücre zarı ilk aşamada strese girer ve iyon konsantrasyonunu dengelemeye çalışır ve daha sonra küçük moleküller için geçirgen bir hale gelir ve bu etkiyle hücre şişmeye başlar ve sonunda hücre parçalanır (liziz) (Odriozola-Serrano ve ark., 2013) (Şekil 1.2).

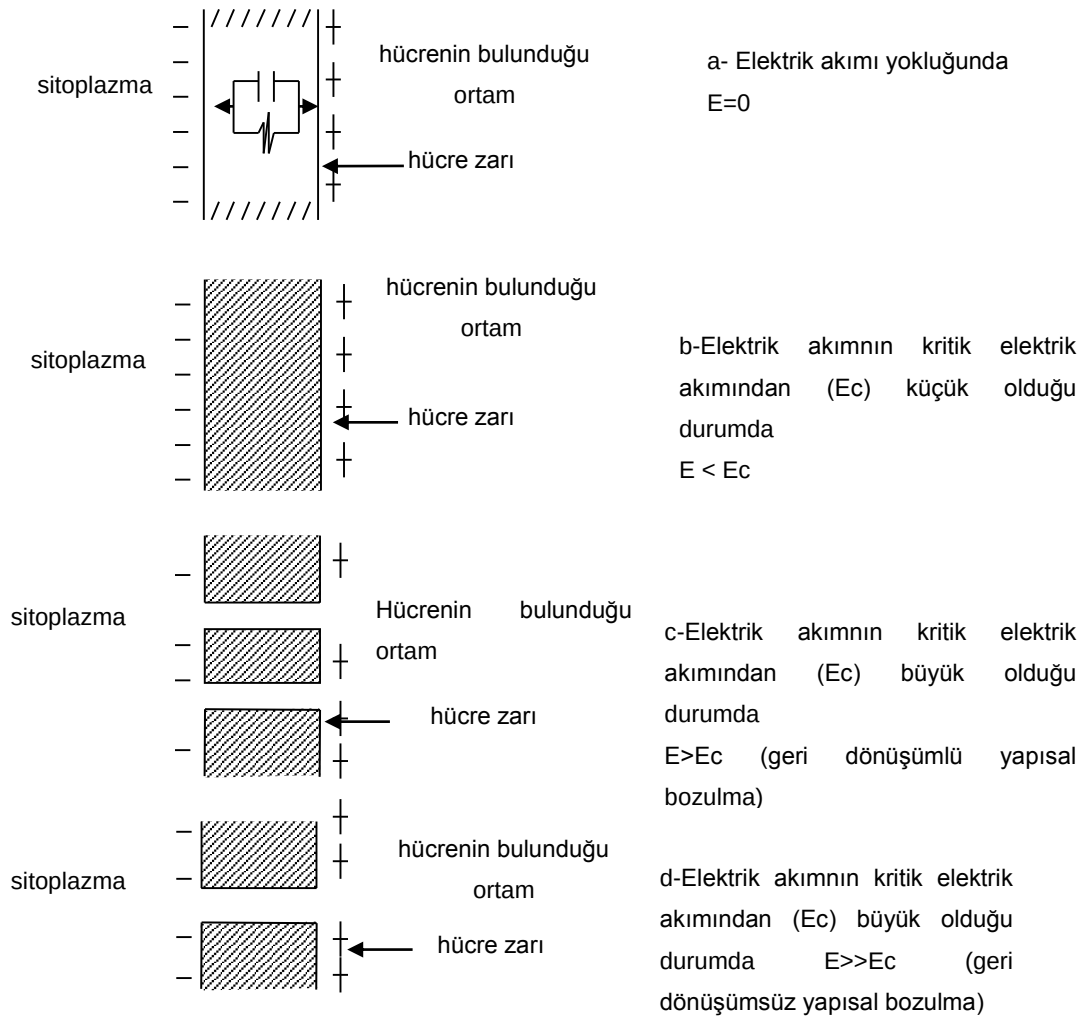


Şekil 1.2. Hücre zarı elektroporasyonu (Vega-Mercado ve ark., 1996b).

Her hücre zarı kendine özgü transmembran potansiyeline sahiptir. Yüklü moleküllerin oluşturduğu bu potansiyelin belli bir seviyeye kadar arttırılması sırasında, hücre zarını oluşturan fosfolipid tabakası bütünlüğünü koruyabilmektedir. Fosfolipidlerin hidrofilik grupları hücre zarının yüzey tarafını oluştururken, hidrofobik gruplar ise hücre zarının içindeki bölgede bulunmakta ve akışkan yapıdaki hücre zarını oluşturmakta ve bu hücre zarı içerisinde ise proteinler yer almaktadır. Proteinler zarın hem iç, hem dış yüzeyinde mozaik sekilde dağılırlar. Değişen elektriksel alan şiddeti uygulamalarında, hücre zarındaki elektriksel potansiyel 0.7-2.2 V gibi kritik bir değere ulaşmakta ve iletim kanalları olarak işlev gören porların oluşumu nano saniyeler gibi kısa bir sürede başlamakta, yüksek iletim gücüne sahip porların oluşması ise birkaç mikro saniyede gerçekleşmektedir (Angersbach ve ark., 2000; Wesierska ve Trziszka, 2007) (Şekil 1.3).

Elektroporasyon günümüzde biyoteknolojik ve tıbbi uygulamalarda dışarıdan canlı hücre içerisine ilaç ya da gen transferinde kullanılan bir yöntemdir. Elektroporasyon ile hücre içine DNA transferinin yanı sıra araştırma amaçlı enzim ve

antikorların transferi veya ilaçların hücre içine alımı amaçlı molekül transferleri uygulamaları bulunmaktadır (Santra ve ark., 2013; Singh ve Kumar, 2011). PEF tekniğinin hücre zarı bütünlüğünü bozucu etkisinden yararlanılarak gıda işlemede kütle transferini arttırmak, kurutma ve ekstraksiyon işlemlerinde verimi ve hızını arttırmak amacıyla kullanılmaktadır (Soliva-Fortuny ve ark., 2009; Maged ve ark., 2012).



Şekil 1.3. Hücre zarının elektrik akımı altında göstermiş olduğu yapısal değişiklik (Zimmermann,1986; Anonim, 2013).

2. KURAMSAL TEMELLER VE LİTERATÜR ÖZETİ

Darbeli elektrik alanı ve ısıt pastörizasyon uygulanmış ve 180 gün +4°C derecede depolanmış portakal suyu örnekleriyle yapılan bir çalışmada atımlı elektrik alanı (PEF) uygulanan örneklerin daha fazla kalıcı flavonoidlere ve fenolik asitlere sahip oldukları tespit edilmiştir. PEF uygulanan örneklerin daha iyi duyuşal özelliklere sahip oldukları tespit edilmiştir (Agcam ve ark., 2014).

Elmada yapılan bir çalışmada iki farklı yöntemle (dilimlemeden ve dilimlendikten sonra 3 bar basınç uygulanarak 30 dak preslendikten sonra) elma suyu elde edilmiş örneklere 400 V/cm PEF uygulanarak kıyaslama yapılmıştır. İşlem uygulanmadan elde edilen meyve suyu 44 g/100 g, bütün elmalarda 58g/100g, dilimlenmiş elmalardan elde edilende 64g/100g verim elde edilmiş, pH ve kondaktivite değerleri açısından işlem uygulanmamışa göre belirgin bir fark görülmemiştir. Sonuç olarak PEF uygulamasının bütün elmada dilimlenmişe göre enerji tüketimi ve endüstriyel açıdan daha avantajlı olduğunu göstermiştir. Bu çalışma elma suyu üretiminde presleme ile PEF uygulaması kombine edildiğinde geleneksel yöntemlere iyi bir alternatif olacağını göstermiştir (Grimi ve ark., 2011).

Buzdolabı sıcaklığında (4°C) 12 hafta depolanmış nar suyuna 35 ve 38 kV/cm ve 281 µs uygulama süresi, 55 °C ve 100 litre/saat akış hızında PEF işlemi uygulanmış olup, ısıt işlem uygulanmış nar suyu ile antioksidan aktivitesi, duyuşal özellikleri toplam fenolik madde, °Briks ve pH açısından karşılaştırılma yapılmıştır. PEF işlemi uygulanmış ve uygulanmamış meyve suları arasında pH ve °Briks

değerleri açısından belirgin farklar bulunmamıştır. PEF işlemi toplam fenolik maddeleri ve antosiyonin içeriği açısından işlem görmemiş meyve suyuna oranla değişmemiştir. PEF işlemi nar suyu rengi üzerinde ısıtma işlem görmüş olana göre daha az değişiklik yaptığı gözlemlenmiştir. Tüketiciler tarafından yapılan değerlendirmede işlem görmüş ve görmemiş olanlar aynı beğeniyi kazanmıştır. Bu çalışma PEF teknolojisinin nar suyunda mikrobiyel raf ömrünü uzattığı, kaliteyi muhafaza ettiği ve besinsel karakteristik özelliklerini muhafaza ettiğini ve nar suyunda endüstriyel olarak uygulanabilir olduğunu göstermiştir (Guo ve ark., 2014).

PEF kompleks yapılı meyve sularına göre basit bileşimli ürünler üzerine daha çok etkilidir. Örneğin portakal suyuna havuç suyu eklenerek yapılan çalışmalarda *E.coli* üzerine PEF etkinliğinin azaldığı tespit edilmiştir (Chen ve ark., 2013). Geleneksel olarak sebze ve meyve sularındaki enzimlerin inaktive edilmesinde ısıtma işlem uygulanmaktadır. Anthon ve Barrett (2003) domates suyundaki lipoksigenaz ve hidroperoksit liyaz enziminin inaktivasyonu için 60°C sıcaklığın yeterli olacağını bildirmiştir. Ancak ısıtma besinsel ve duyu özellikleri olumsuz etkilenebilmektedir (Dunn, 2001). Domates sularında PEF uygulamalarıyla (5.5-µs bipolar atım, 35 kV/cm elektrik alan şiddeti, 220 Hz frekans) peroksidaz (POD) enzimi tamamen inaktive edilmiş ve likopen miktarında % 122.5'e kadar bir artış sağlanmıştır (Aguilo-Aguayo ve ark., 2009a; Odriozola-Serrano ve ark., 2013).

Riener ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada elma suyuna kare dalga boylu PEF işlemi uygulayıp peroksidaz ve polifenol oksidaz inaktivasyonunu izlemişler. Bu çalışmada 72 °C'de 26 s pastörizasyon uygulamasıyla, PEF uygulamasını karşılaştırmışlardır. Pastörizasyonda polifenol oksidaz miktarında % 46, peroksidaz miktarında % 48 inaktivasyonun meydana geldiğini, 50 °C'de 40 kV/cm elektrik

akım şiddetinde ise polifenol oksidaz miktarında % 71, peroksidaz miktarında % 68 inaktivasyonun meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Corrales ve ark. (2008) doğal antioksidan veya renklendirici olarak kullanılan antosiyaninlerin üzümünden ekstraksiyonuna 70°C'deki ısıl işlemle PEF uygulaması, yüksek basınç ve ultrasonik uygulamanın kombinasyonun etkilerini araştırmışlardır. Bunun sonucunda ekstraktın antioksidan aktivesinde; 3 kV/cm elektrik alan kuvvetinde PEF uygulamasıyla 4 kat, 600 MPa'lık yüksek basınç uygulamasıyla 3 kat ve 35 KHz'lik ultrasonik uygulamasıyla 2 kat artış olduğunu tespit etmişlerdir.

Renk gıdaların görünüm ve kabul edilebilirliğinde önemli rol oynamaktadır. Kırmızı renk çilek, domates ve karpuz sularında karakteristik bir özelliktir. Maillard reaksiyonu sonucu oluşan kahverengi renk gelişimi istenmez bu sular için handikaptır. Çilek, domates ve karpuz suyuna PEF işleminin uygulanması sonucu meyve ve sebze sularının renklerinin daha iyi korunduğu ve ısıl işlem uygulanmış örneklerle göre daha düşük HMF konsantrasyonunun olduğu görülmüştür. Atım genişliğini çilek suyu için 4.5 mikro saniyeden fazla, domates ve karpuz suları için 2.5 mikro saniye kadar uygulayarak; enzimatik olmayan kırmızılaşmayı minimize etmek mümkün olmuştur. Min ve Zhang (2003) HIPEF uygulanan (2 mikrosaniye zaman boyunca 40kV/cm atım, atım tekrar değeri 1000 pps (pulse per second) ve toplam işlem süresi 57 mikrosaniye) domates suyundaki düşük HMF oluşumu, HIPEF uygulanan suların ısı uygulanan sulardan daha yüksek askorbik asit tutması ile bağlantılı olabileceğini bildirmiştir (Aguilo-Aguayo ve ark., 2009b).

Peroksidaz enzim aktivitesi; birçok bitkisel gıdadarenk bozulması, tat değişimi, besin kaybı gibi kalite kayıplarına sebep olmaktadır. PEF ile işlem den geçirilen havuç suyunda peroksidaz enzimi inaktive olmaktadır. Quintao-Teixeira ve

ark. (2013) yaptıkları bir çalışmada havuç suyu numunelerine, 25 ile 35 kV/cm elektrik alanını 300 ile 2000 μ s kadar uygulanmıştır ve 35kV/cm-1500 μ s proses kombinasyonu % 93'e kadar peroksidaz inaktivasyonu sağlanmıştır.

PEF prosesinin (bipolar mod, 188 Hz frekans, 4 μ s atım genişliği, 35 kV/cm elektrik alan şiddeti ve 1727 μ s uygulama süresi) karpuz suyunun rengi, viskozitesi ve bağlı enzimleri üzerindeki etkileri, 56 günlük depolama sonucu değerlendirilmiş ve ısı işlemler (90°C'de 30 ve 60 s) karşılaştırılmış ve depolama süresi boyunca PEF uygulanan karpuz suyunun ısı işlem uygulanan karpuz suyundan daha parlak bir kırmızı renk verdiği görülmüştür. Ayrıca, PEF uygulaması, bunun uygulanmadığı karpuz sularından daha yüksek viskozite kazanmasına yol açmış ve bu durumda 90°C'de 60 s uygulamasının daha başarılı olduğu bulunmuştur. Diğer yandan, PEF uygulamasının peroksidaz enziminin inaktivasyonu açısından ısı işlem uygulamasından daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Ancak, 90°C'de 60 s ısıyla işlenmiş karpuz suyunun, 7 günlük saklama süresinin ötesinde, en düşük POD aktivitesine sahip olduğu görülmüştür. Depolama süresinin, ısı işlem uygulanan karpuz sularında enzim aktivitesi üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip olduğu ve önemli derecede pektin metilesteraz (PME) aktivite kaybına sebep olduğu gözlenmiştir. Renk ve akışkanlık gibi fiziksel özellikler açısından karşılaştırma yapıldığında PEF uygulanan karpuz suyu depolama süresi boyunca ısı uygulanan karpuz suyundan daha üstün bulunmuştur (Aguilo-Aguayo ve ark., 2010a; 2010b).

Longan suyu PEF (3 μ s atım genişliği ve 32 kV/cm elektrik akım şiddeti) ile proses edilmiş ve konvansiyonel pastörizasyon yöntemiyle karşılaştırılmıştır. pH değişimleri, asit oranı, katıların çözünürlük değerleri analiz edildiğinde, ısı işlemle pastörizasyon edilmiş, PEF uygulanmış ve bunların her ikisinin de uygulanmadığı

örnekler arasında belirgin farklılıklar bulunmamıştır. PEF'in enzimatik olmayan esmerleşme endeksi ve HMF üzerindeki etkisi belirgin bir farklılık meydana getirmemektedir. Toplam fenol bileşiklerinin içeriği, karşılaştırılan iki pastörizasyon metodu arasında ise belirgin farklılıkları göstermiş; PEF uygulanan longan suyunun ısı uygulanan longan suyundan çok daha fazla C vitamini ve aroma bileşeni içerdiği tespit edilmiştir (Zhang ve ark., 2010).

Aguiló-Aguayo ve ark. (2010 a) karpuz suyunda yaptıkları çalışmada HIPEF uygulamasının geleneksel ısı işleme göre 4 derecede 56 gün depolanma süresince aroma bileşenlerini daha iyi koruduğunu ortaya koymuşlardır. İşlem uygulananların toplam lezzet bileşenlerinde depolama süreci içerisinde düşüş olmasına rağmen, en az 21 günlük depolama boyunca HIPEF uygulanan meyve sularının lezzetinin ısı uygulanan sulardan daha iyi koruduğu tespit edilmiştir. PEF işleminin portakal kabuğundaki toplam polifenol ve flavonoidler (narincin ve hesperin) ekstraksiyonu üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; 30 dakika 5 bar basınç uygulanan portakal kabuklarının elektrik alan şiddetinin artırılmasına (1,3,5,7 kV/cm) paralel olarak toplam polifenol ekstraksiyon veriminde % 20'den % 159 a kadar artış tespit edilmiştir. Ayrıca uygulanan elektrik alan şiddetinin arttırılmasıyla antioksidan aktivitesinde artış (% 51, % 94, % 148, % 192) olmuştur. PEF uygulamasından sonra naringin ve hesperidin flavonidlerinin miktarında artış gözlemlenmiştir. Sonuç olarak narenciye kaynaklı içecekler üretimi, polifenol ve temel flavonoid kaynağı olan kabukların harcanmasına neden olmaktadır. Yapılan bu çalışma sonucunda PEF yöntemi bu bileşiklerin çıkarımında daha uzun zaman gerektiren organik çözücülere gerek duyan geleneksel yöntemlere daha ekonomik ve antioksidan kapasitesini arttıran çevre dostu bir yöntem olarak öne çıkmıştır (Luengo ve ark., 2013). Yaban

mersini suyunun yüksek basınç (HP) (600 MPa/42 °C/5 min) ve atımlı elektrik alanı (PEF) (36 kV/cm, 100 µs) uygulamasına tabi tutularak 4 °C ‘de 56 gün depolandığı ve fizikokimyasal parametrelerin, antioksidan bileşenlerin (askorbik asit, toplam fenolikler, toplam antosiyaninler) değişimi incelendiği bir çalışmada ısıl olmayan teknolojilerin soğuk depolama gibi ikinci bir koruma uygulamasına tabi tutulduğunda geleneksel yöntemlere göre renk, besinsel açıdan tazesine daha yakın ürünler elde edildiği sonucuna varılmıştır (Barba ve ark., 2012). Termal olmayan teknolojilerin portakal suyundaki biyoaktif bileşikleri üzerinde etkisi araştırıldığı bir çalışmada; taze sıkılmış portakal suyu yüksek basınç (HP), darbeli elektrik alan (PEF) (35 kV cm/750 µs) ve düşük pastörizasyon (LPT) (70 C/30 sn) işlemlerine tabi tutulmuş ve işlem uygulandıktan sonra 4°C'ye soğutulup 40 gün boyunca depolarak meyve sularındaki başlıca karotenoidler ve flavonlarının kararlılığı kontrol edilmiştir. Araştırma sonucunda işlem görmüş portakal sularının toplam karotenoid, flavanon ve vitamin A içerikleri açısından işlem görmemiş meyve sularına oranla önemli bir artış gösterdiği tespit edilmiştir. Plaza ve arkadaşları tarafından buzdolabında depolama süresince yüksek basınç ve PEF teknolojilerinin portakal suyundaki turuncu biyoaktif bileşiklerin korumak için iyi bir seçenek olduğunu sonucuna varılmıştır (Plaza ve ark., 2011).

Kırmızı şarap üretiminde PEF yönteminin polifenol içeriğini dolayısıyla renk yoğunluğunu, antioksidan aktivitesini etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada 1.5 ile 3 kV/cm arasında uygulanan elektriksel alanın öncü kırmızı şaraplarda; daha yüksek renk yoğunluğu, daha fazla toplam polifenol içeriği ve daha çok serbest antosiyanin ve yüksek antioksidan kapasitesine sebep olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda; PEF uygulamasının bitki hücrelerindeki değerli

bileşiklerin serbest kalma miktarını arttırmak amacıyla ekstraksiyon işleminde ön işlem olarak kullanılmasının karlı olabileceği sonucuna varılmıştır. Araştırmacılar tarafından PEF işleminin kırmızı şarap yapımında maserasyon sonrasında üzüm kabuklarındaki polifenol içeriğinin geçişini arttırmak amacıyla kullanılabileceği önerilmiştir (Donsi ve ark., 2011). Literatürde PEF uygulamasının meyve sularının prosesi ile ilgili çalışma oldukça sınırlıdır, bu çalışma kapsamında nar suyunun PEF ile prosesi ve proses sonrasında önemli kalite özelliklerindeki değişimin ölçülmesi hedeflenmektedir.

Bu amaçla yapılan çalışmada atımlı elektrik alanı (pulsed electric fields, PEF) teknolojisi ile işlem gören nar suyunun; pH, briks, titrasyon asitliği, kondaktivite, renk, antioksidan aktivitesi, antosiyanin miktarı, fenolik madde miktarı, organik asit miktarı ile Hidroksi Metil Furfural (HMF) miktarındaki değişimler incelenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Nar suyu

Çalışmalarda kullanılan nar suları, piyasadan satın alınan taze Hicaz çeşidi narlardan laboratuvar ölçekli meyve sıkacağı kullanarak elde edilmiş ve bekletilmeden proses edilmiştir.

3.1.2. Atımlı elektrik alan jeneratörü

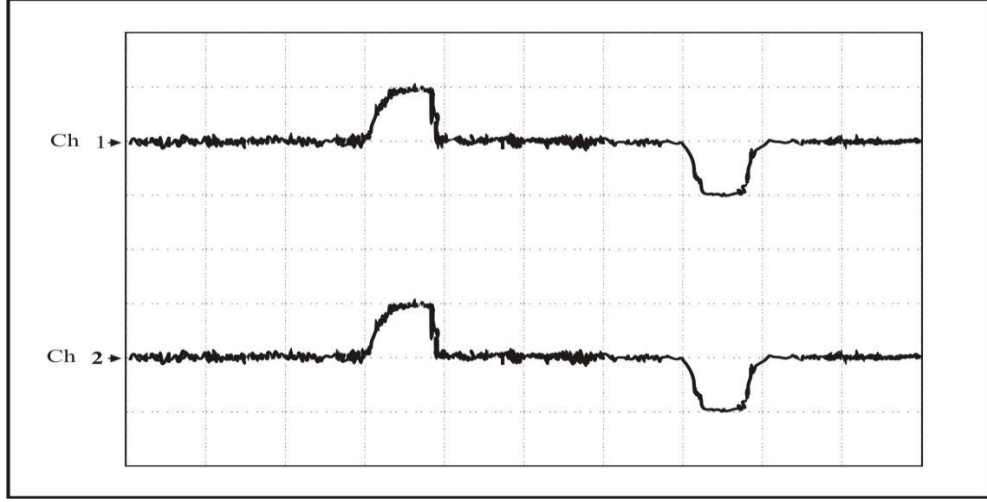
Deneylerde laboratuvar ölçekli sürekli OSU-4A (Şekil 3.1) atımlı elektrik akımı jeneratörü kullanılmıştır. PEF atım jeneratörüne monte edilmiş ve birbirine paralel olarak bağlanmış 0.23 cm çap ve birbirlerinden 0.292 cm uzaklığa sahip elektrotları içeren; elektrik akımı ve gıdanın birbirine paralel olarak 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 (T2-T1, T4-T3 ve T6-T5) ölçülmüştür (Fisher Scientific, Pittsburgh, PA, ABD). Uygulanan elektrik akımının frekansı, her bir atımın dalga genişliği ve art arda gelen iki dalga arasındaki genişlik atım jeneratörü

(Model 9310 Pulse Generator, Quantum Composer Inc., Bozeman, MT, ABD) vasıtasıyla ayarlanmıştır. Denemelerde kullanılan proses parametreleri çizelge 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.1. OSU-4A atımlı elektrik akımı jeneratörü.

Denemelerde iki kutuplu kare dalga boyu uygulanmış olup; uygulanan dalga boyunun elektrik akım şiddeti ve akıma karşı oluşturulan direnci osiloskop vasıtasıyla ölçülmüştür (Model TDS 210 Two Channel Digital Real Time Oscilloscope, Teknotronix Inc., Beaverton, OR, ABD) (Şekil 3.2). Gıdanın sabit akış hızında uygulama odacıklarına taşınımı için dişli pompa (EW-07002-23 model, Cole Palmer, Inst., Company, Vernon Hills, IL ABD) kullanılmıştır.



Şekil 3.2. İki kutuplu kare şeklinde uygulanan elektrik atım dalgası

3.2. Yöntem

3.2.1. Fiziksel ve kimyasal analizler

3.2.1.1.pH

Homojen olarak alınan 10 mL örneklerin asitliği Orion 420 A model pH metre (İnolab WTW, Almanya) ile ölçülmüştür.

3.2.1.2. Suda çözünür katı madde (°Briks)

Nar suyu örneklerininBriks derecesi 507-1 model el refraktometresi (Nippon Optical Works Co.Ltd.,Japonya) ile suda çözünen kuru madde miktarı olarak ölçülmüştür.

3.2.1.3. Kondaktivite (İletkenlik)

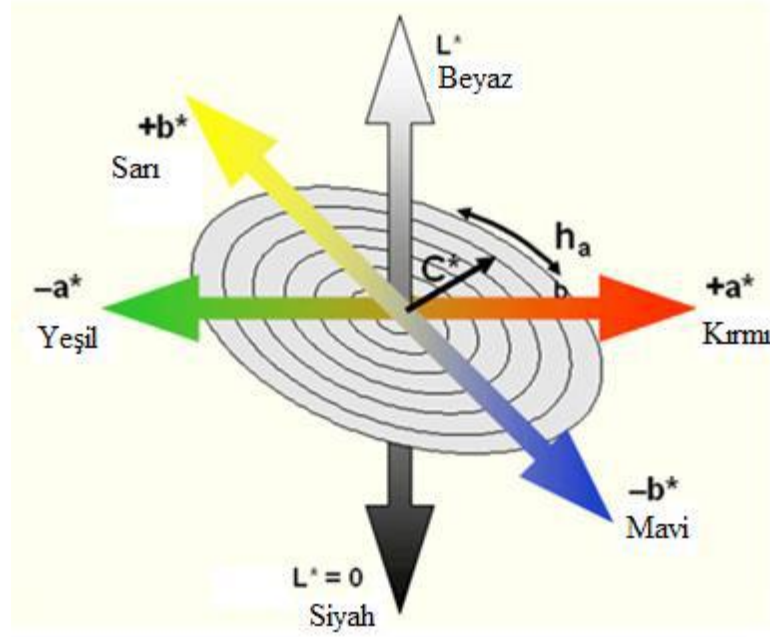
Nar suyu el kondaktivitesi (sension 5 model, HACH,CO, ABD) yardımıyla kondaktivite ölçümü yapılmış ve sonuç mS/cm olarak verilmiştir.

3.2.1.4. Titrasyon asitliği

Homojen olarak alınan 5 mL nar suyu örneği 0.5 mL fenolftalein indikatörü eklendikten sonra 0.1 N NaOH ile titre edilmiştir. Titrasyonda harcanan NaOH miktarı kaydedilmiştir (Cemeroğlu, 2011)

3.2.1.5. Renk

Hunter Lab Color Spektrofotometresi (Hunter Associates Laboratory Inc., Reston VA, ABD) kullanılarak renk ölçümü yapılmış ve sonuçlar CIE skalasına göre (Şekil 3.3) L* (0:koyuluk, 100:açıklık), a*(-:yeşillik, +:kırmızılık) ve b* (-:mavilik, +:sarılık) değerleri olarak belirtilmiştir. Bu ölçümlere ilave olarak C (chroma, renk yoğunluğu) $\sqrt{a^2 + b^2}$ ve hue (h°, renk tonu) (arctan b/a) değerleri hesaplanmıştır (Lee ve Watson, 1998).



Şekil 3.3. CIELAB (The International Commission On Illumination L, a, b) renk skalası (Anonim, 2014b).

3.2.1.6. Toplam monomerik antosiyanin miktarı

3.2.1.6.1. Hazırlanan çözeltiler

Potasyum Klorür Çözeltisi: 1.8637 g KCL tartılarak uygun büyüklükteki bir beherde 980 mL saf su içinde çözündürülür. Çözeltinin pH'sı HCL ile 1.0 ayarlanarak bolon jode 1000 mL'ye tamamlanarak hazırlanan 0.025 molar KCL oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

Sodyum Asetat Çözeltisi: 32.812 g sodyum asetat ($C_2H_3NaO_2$) tartılarak uygun büyüklükteki bir beherde 960 mL saf su içinde çözündürülerek pH'sı HCL ile 4.5'e

ayarlanmış ve balon jojede 1000 mL'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan 0.4 molar $C_2H_3NaO_2$ çözeltisi oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

3.2.1.6.2. Analizin yapılışı

Analiz için spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır. Yöntem spektrofotometrede (HACH LANGE- DR 500) 1/75 oranında seyreltilmiş nar suyunun 520 ve 700 nm dalga boylarında absorbans değerlerinin okunması esasına dayanmaktadır (Şekil 3.4). Önce 4 mL nar suyu, 4mL 0.025 M KCL (pH 1) çözeltisi ile vortekste homojen karıştırılır. Cihaz KCL çözeltisi ile sıfırlandıktan sonra; hazırlanan örneklerin 520 ve 700 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür. Daha sonra 4 mL 0.4 M Na-asetat çözeltisi (pH 4.5) ile 4 mL nar suyu vortekste karıştırılır ve 20 dak beklenmiştir. Cihaz Na-asetat çözeltisi ile sıfırlandıktan sonra; hazırlanan örneklerin 520 ve 700 nm dalga boylarında absorbans değerleri okunmuştur.(Giusti ve Wrolstad, 2001)

3.2.1.6.3. Toplam monomerik antosiyanin miktarının hesaplanması

Elde edilen absorbans ölçüm değerleri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$\text{Antosiyanin miktarı} = A.M_w.D_f.10^3/\epsilon.l$$

$$A = (A_{520}-A_{700}) \text{ KCL} - (A_{520}-A_{700}) \text{ Na-asetat}$$

Bu formülde;

A: Absorbans değeri

A_{520} : 520 nm’de okunan absorbans değeri

A_{700} : 700 nm’de okunan absorbans değeri

M_w (Siyanidin-3-Glukozidin molekül ağırlığı): 449.2 g/mol

D_f (dilüsyon faktörü): Seyreltme faktörü

ϵ Molar ekstinsiyon faktörü): 26900 L/mol.cm

10^3 : gramı mg’ye çevirme faktörü

l:1 cm



Şekil 3.4. Spektrofotometrede antosiyonin miktarı tayini.

3.2.1.7. Antosiyanin bileşenlerin analizi

Nar suyu antosiyanin kompozisyonu, HPLC (Shimadzu, LC-20AT, Kyoto, Japonya) cihazı kullanılarak; Gil ve ark. (2000) tarafından ortaya konulan ekstraksiyon yönteminin yapılan denemeler sonucu en iyi sonuç veren akış profili (Çizelge 3.1) ile kombine edilmesiyle örneklerdeki antosiyanin miktarı belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Antosiyaninler için mobil faz gradiyent programı.(Gil ve ark., 2000)

Süre (dak)	Metanol/su/formik asit (20:78:2 v/v/v)	% 100 asetonitril
0	100	0
10	95	5
20	85	15
25	80	20
26	100	0
30	100	0

Antosiyaninler için kromatografi koşulları aşağıda sunulmuştur;

Kolon: XTERRA C 18 5 µM 4.6X250

Kolon Sıcaklığı: 25 °C

Dedektör: Foto Diyod Düzen Dedektör (PDA)

Dalga Boyu: 520 nm

Mobil Faz Akış Hızı: 1 ml/dak

Enjeksiyon Hacmi: 50 µl

Mobil Faz Çözeltisi: ‘metanol/su/formik asit’ (20:78:2 v/v/v) (A), asetonitril (% 100) (B) karışımı, gradiyent akış

3.2.1.8. Antioksidan aktivite tayini

3.2.1.8.1. Hazırlanan çözeltiler

Tris-HCl Tampon Çözeltisi: 6.057 g Tris tartılır ve beherde 400 mL saf su içerisinde çözündürülür. 0.1 M HCl ile pH 7.4'e ayarlanır ve balon jode 500 mL'ye tamamlanır ve hazırlanan 0.1M Tris-HCl oda sıcaklığında muhafaza edildi.

DPPH Çözeltisi: 0.0494 g DPPH tartılır ve 250 mL'lik balonjode etil alkolle 250 mL'ye tamamlanır ve hazırlanan 500 µM DPPH çözeltisi kullanılmadığı zaman alüminyum folyo ile sarılarak buzdolabında muhafaza edildi.

3.2.1.8.2. Analizin yapılışı

Spektrofotometre cihazı 517 nm'ye ayarlanır. Sıfırlamada (auto-zero) etil alkol kullanıldı. Nar suyu örnekleri analiz edilmeden önce şahit örneği hazırlandı ve okuma yapıldı. Şahit örneğinin hazırlanışı şu şekildedir: 10 µL etil alkol alınarak üzerine 990 µL Tris-HCl eklendi ve 1 mL DPPH eklenerek vortekste karıştırıldı. 30 dakika karanlıkta bekletildikten sonra 517 nm'de okuma yapıldı. Şahit örneğiyle okuma yapıldıktan sonra bu sefer alkole karşı örnek çözeltisi hazırlanarak okuma yapıldı. Bu örnek çözeltisi 10 µL nar suyu örneği alınarak üzerine 990 µL Tris-HCl ve 1 mL DPPH eklenerek vortekste karıştırılmasıyla hazırlandı ve 30 dakika karanlıkta bekletildikten sonra 517 nm'de alkole karşı okuma yapıldı (Gill ve ark., 2000 ve Tzulker ve ark., 2007).

3.2.1.8.3. Antioksidan aktivitesinin hesaplanması

Antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde şu formül kullanılır:

$$\text{Antioksidan aktivite (\%)} = (1 - A_{\text{örnek}} / A_{\text{kontrol}}) \times 100$$

$A_{\text{örnek}}$: 517 nm’de ölçülen nar suyunun absorbans değeri

A_{kontrol} : 517 nm’de ölçülen kontrol absorbans değeri

3.2.1.9. Toplam fenolik madde tayini

3.2.1.9.1. Hazırlanan çözeltiler

Folin-Ciocalteu Çözeltisi: 2 N Folin-Ciocalteu çözeltisinden 100 ml alınıp saf su ile 1 L’ye tamamlanır ve hazırlanan 0.2N Folin-Ciocalteu çözeltisi oda sıcaklığında muhafaza edilir.

Sodyum Karbonat Çözeltisi: 7.5 g susuz Na_2CO_3 tartılarak saf suyla 100 mL’de çözündürülür ve çözelti oda sıcaklığında muhafaza edilir.

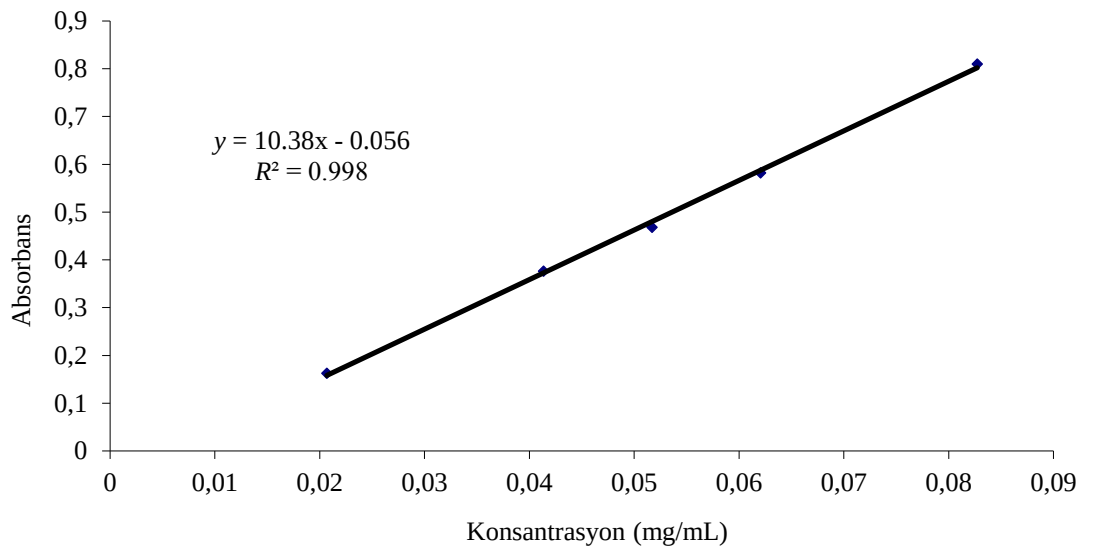
Gallik Asit Çözeltisi: 0.1034 g gallik asit tartılarak 100 mL saf suda çözündürülür ve hazırlanan çözelti oda sıcaklığında muhafaza edilir.

3.2.1.9.2. Analizin yapılışı

Toplam fenolik madde miktarının belirlemesi gallik asit cinsinden verilerek yapılmıştır. Bu yüzden öncelikle analiz için gerekli olan gallik asit kalibrasyon eğrisi

şu şekilde hazırlanır: Gallik asit çözeltisinden 0.2, 0.4, 0.5, 0.6 ve 0.8 mL ayrı ayrı alınarak 10 mL'ye seyreltilir. Seyreltilerek hazırlanmış bu standart çözelti-lerden 1'er mL alınarak üzerine 5 mL folin reaktifi ve 4 mL Na₂CO₃ eklenerek 50°C'de sıcak su banyosunda 5 dk bekletilir. Daha sonra soğuk su altında soğutularak 760 nm'de şahide karşı okuma yapılır ve konsantrasyon-absorbans şeklinde kalibrasyon eğrisi çizilerek gallik asit kalibrasyon eğrisinin denklemi elde edilir (Şekil 3.5).

Nar suyu toplam fenolik madde belirlemede spektrofotometrede okuma yapılırken şahit çözeltiye karşı okuma yapılır. Bu şahit çözelti şu şekilde hazırlanmaktadır: 1 mL saf su alınarak 5 mL folin çözeltisi ve üzerine 4 mL Na₂CO₃ çözeltisi eklenir. Sıcak su banyosunda 50°C'de 5 dak bekletildikten sonra cihaz bu çözelti ile sıfırlanır (auto-zero). Sıfırlamadan sonra bu sefer 1/100 oranında seyreltilerek hazırlanmış nar suyu örneğiyle okumalar yapılır. Bunun için 1'er mL nar suyu örneği alınarak üzerine 5 mL folin reaktifi ve 4 mL Na₂CO₃ eklenerek 50°C'de sıcak su banyosunda 5 dak bekletilmiş ve şahit numuneye karşı 760 nm'de okuma yapılmıştır (Alper, 2001).



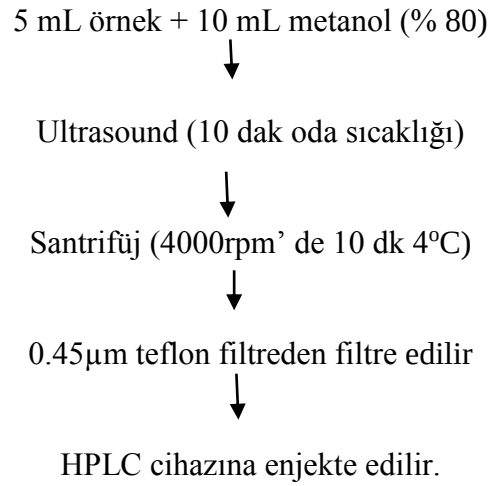
Şekil 3.5. Gallik asit kalibrasyon eğrisi.

3.2.1.9.3. Toplam fenolik madde miktarının hesaplanması

Toplam fenolik madde miktarının hesaplanmasında galik asit kalibrasyon eğri denklemi ($y = ax + b$) kullanılmaktadır. Ölçülen absorbans değerleri (y) denklemde kullanılarak konsantrasyon (x) değerleri olarak bulunur. Bu konsantrasyon değerleri toplam fenolik madde miktarını vermektedir. Analiz sonucu bulunan değerler seyreltme faktörü 10 ile çarpılarak miktarlar belirlenmiştir.

3.2.1.10. Fenolik bileşenlerin analizi

Araştırmada, HPLC ile fenolik madde tayini yapılmıştır. Bu amaçla Justesen ve ark. (1997) tarafından ortaya konulan ekstraksiyon yöntemi modifiye edilerek uygulanmış; uygulanacak akış profili ve yürütücü faz seçiminde en iyi sonuç veren uygulama seçilerek örneklerdeki fenolik bileşiklerin miktarı belirlenmiştir. Fenolik bileşiklerin analizi sırasında uygulanan ekstraksiyon yöntemi Şekil 3.6’da akış profili ise Çizelge 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.6. Fenolik bileşenlerin ekstraksiyon yöntemi.

Çizelge 3.2. Fenolik bileşikler için mobil faz gradiyent programı (Justesen ve ark., 1997)

Süre (dak)	Formik asit (% 2)	Asetonitril (% 100)
0	100	0
20	98	2
35	97	3
65	94	6
70	93	7
80	91.5	8.5
90	90.5	9.5
100	88	12
120	82	18
125	75	25
130	0	100
140	100	0

Fenolik bileşenler için kromatografi koşulları aşağıda sunulmaktadır;

Kolon: XTERRA RP 18 5 µM 4.6X250

Kolon Sıcaklığı: 30°C

Detektör: FotoDiyod Düzen Detektör (PDA)

Dalga Boyu: 280 ve 320 nm

Mobil Faz Akış Hızı: 0.8 ml/dak

Enjeksiyon Hacmi: 20 µl

Mobil Faz Çözeltisi: Formik asit (% 2) (A), asetonitril (% 100) (B) karışımı,
gradiyent akış

3.2.1.11. Organik asitlerin tayini

Nar suyu örneklerindeki organik asitlerin (sitrik asit, malik asit, oksalik asit, suksinik asit, tartarik asit, askorbik asit analizleri Sturm ve ark. (2003)'a göre yapılmıştır. Analizler için nar suları seyreltildikten sonra 4°C'de 10 dak 4000 rpm'de santrifüj edilmiş ve üstteki berrak kısım alınıp 0.45 µm'lik filtrelerden geçirilerek süzölmüştür. Daha sonra elde edilen ekstrakt doğrudan HPLC'ye (Shimadzu, LC-20AT, Kyoto, Japonya, 2006) enjekte edilerek örneklerdeki organik asit miktarı mg/L'de belirlenmiştir. Belirlenen yöntemlere göre aşağıdaki kromatografi koşulları kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir.

Mobil faz: 5 mM'lık sülfürik asit (H₂SO₄), izokratik akış

Enjeksiyon hacmi: 20µL

Akış hızı: 0.6mL/dak

Elüsyon süresi: 15 dak

Dalga boyu: 210 nm-244nm

Kolon: XTERRA C 18 5 µM 4.6X250

Detektör: FotoDiyod Düzen Detektör (PDA)

Kolon sıcaklığı: 50°C

3.2.1.12. Hidroksi metil furfural (HMF) ve furfural analizi

Nar suyu örneklerinde HMF tayini, yüksek basınç sıvı kromatografisi (HPLC) (Shimadzu, LC-20AT, Kyoto, Japonya, 2006) kullanılmıştır. Örneklerin

ekstraksiyonunda ise Gökmen ve Acar (1999) tarafından önerilen yöntem laboratuvarımız koşullarına uyarlanarak kullanılmıştır. Analizin prensibi portakal suyu örneklerinin etil asetat ile ekstraksiyonu ve sonra sulu sodyum karbonat çözeltisi ile fenoliklerin uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır. HMF tayininde kullanılan yöntem Şekil 3.6’da verilmiştir.

HPLC’de uygulanan akış ise Zappala ve ark. (2006)’nın yöntemine göre yapılmıştır. HMF için kromatografi koşulları aşağıda verilmiştir;

Mobil faz: Metanol/Su/Asetik asit (20/79/1) izokratik akış

Enjeksiyon hacmi: 20µL

Akış hızı: 0.5mL/dak

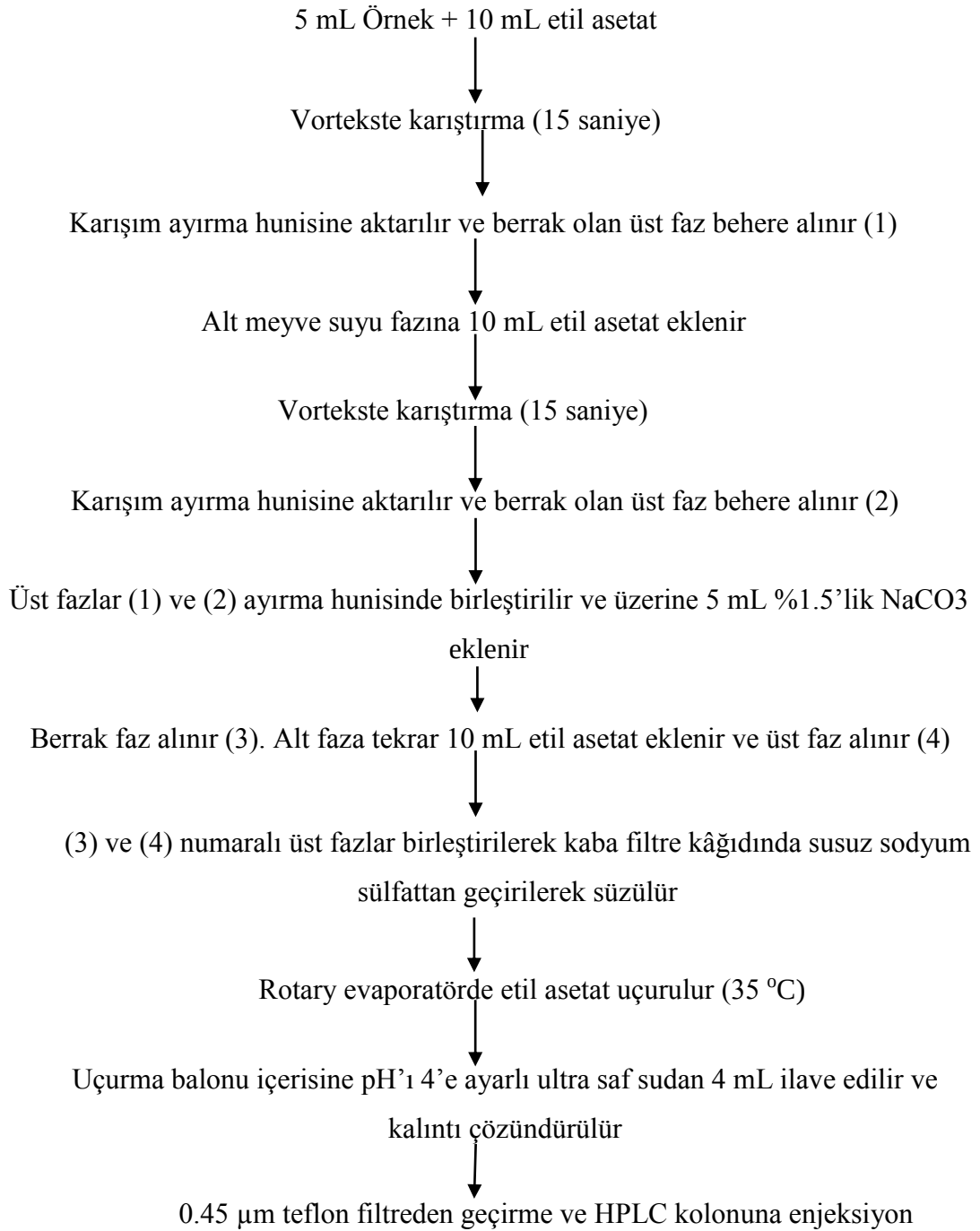
Elüsyon süresi: 15 dak

Dalga boyu: 285nm

Kolon: ACE 5 C18 250*4.6mm

Kolon sıcaklığı: 30°C

Dedektör: FotoDiyod Dedektör (PDA)



Şekil 3.7. Hidroksi metil furfural tayin yönteminin akış şeması.(Gökmen ve Acar, 1999)

3.3. İstatistiksel Veri Analizi

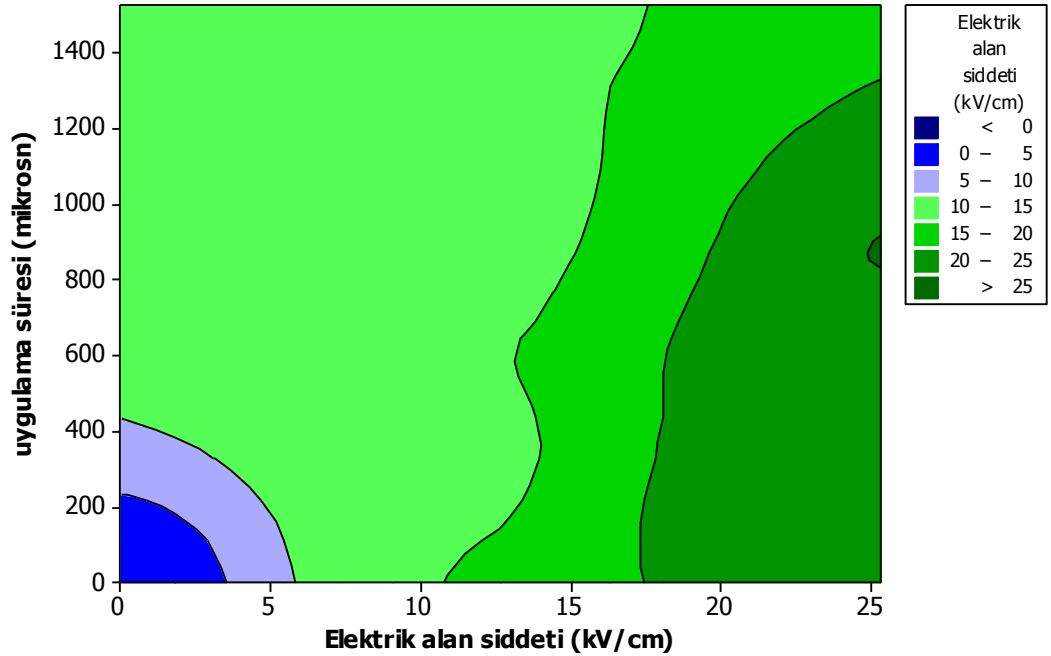
Deneme deseninin belirlenmesi ve verilerin analizi Minitab (versiyon 16.2.9 State Collage, PA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. PEF proses parametrelerine bağlı olarak tam faktöriyel merkezi kompozit dizayn uygulanarak deneme sayısı ve bağımsız değişkenlerin seviyesi belirlenmiştir. Bağımsız değişken olarak elektrik alan şiddeti, uygulama süresi ve frekans 3 seviyeli olarak ele alınmış ve toplamda 30 adet deneme sayısı belirlenmiş ve her bir deneme 3 kez tekrarlanmıştır. Çalışmada yer alan deneme sayıları ve deseni Çizelge 3.3'de verilmiştir. Proses parametrelerinin ölçülen özellikler üzerindeki etkilerine tek yönlü ANOVA uygulamalar arasındaki farklılıklara ise Tukey çoklu karşılaştırma testleri kullanılarak bakılmıştır (alfa: 0.05). Elektrik alan şiddeti, uygulama süresi ve enerji tahmin edicileri ve bunların etkileşimsel, quadratik ve kübik terimleri kullanılarak en iyi uyumlu çoklu doğrusal olmayan regresyon (MNLRL) modelleri geliştirilmiştir.

Çizelge 3.3. Merkezi kompozit dizayna göre deneme sayısı ve sırası.

Standart sapma sırası	Deney sırası	Pareto tipi	Blok	Elektrik alan şiddeti (kV/cm)	Uygulama süresi (sirkülasyon) (μ)	Frekans (pps)
18	1	2	1	2	7	350
29	2	0	1	4	4	350
26	3	2	1	4	1	500
13	4	0	1	4	4	350
24	5	2	1	4	1	200
15	6	0	1	4	4	350
12	7	2	1	4	7	500
3	8	2	1	2	7	350
6	9	2	1	6	4	200
22	10	2	1	2	4	500
23	11	2	1	6	4	500
17	12	2	1	6	1	350
14	13	0	1	4	4	350
5	14	2	1	2	4	200
28	15	0	1	4	4	350
4	16	2	1	6	7	350
2	17	2	1	6	1	350
11	18	2	1	4	1	500
25	19	2	1	4	7	200
20	20	2	1	2	4	200
27	21	2	1	4	7	500
1	22	2	1	2	1	350
7	23	2	1	2	4	500
8	24	2	1	6	4	500
16	25	2	1	2	1	350
10	26	2	1	4	7	200
19	27	2	1	6	7	350
21	28	2	1	6	4	200
9	29	2	1	4	1	200
30	30	0	1	4	4	350

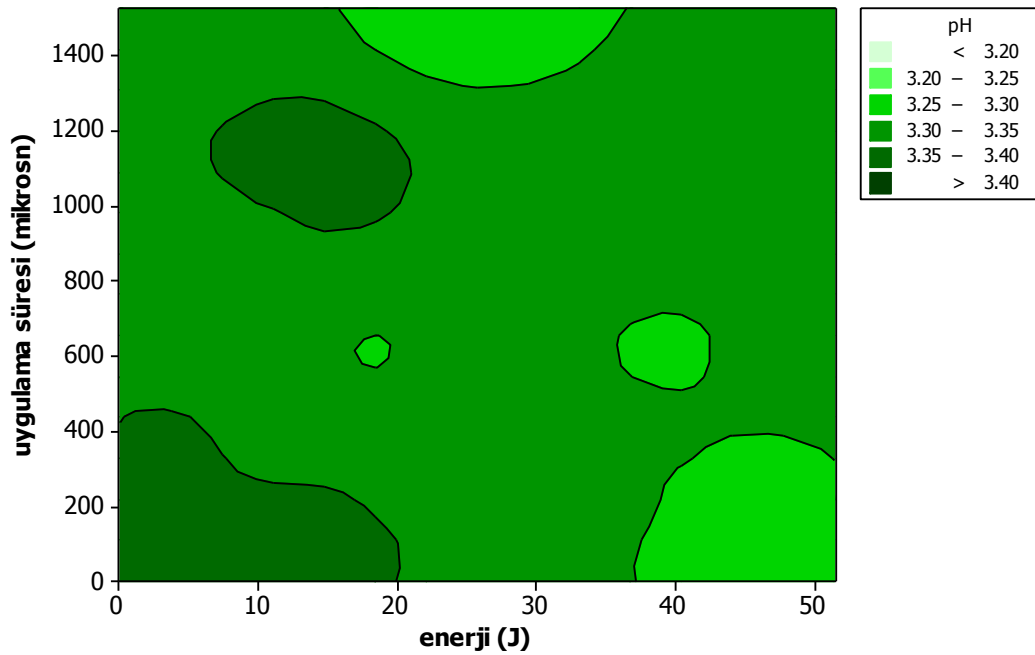
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Merkezi kompozit dizayn kullanılarak belirlenen ve bağımsız değişken olarak ele alınan elektrik alan şiddeti, uygulama süresi ve frekansa bağlı olarak deneme sayısı 30 olarak tespit edilmiş; denemeler 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve bu değerler üzerinden her bir proses parametresinde kullanılan enerji (J) miktarı hesaplanmıştır. Uygulanan enerji değerleri 3.7-51.5 J arasında değişim göstermektedir. Eş yükselti grafiğinde hesaplanan enerji değerleri dağılımına göre en yüksek enerji değerlerine uygulama süresine bakılmaksızın 17-25 kV/cm elektrik alan şiddetlerinde ulaşılmıştır. Dolayısıyla sisteme verilen enerji seviyesinin daha çok elektrik alan enerji miktarına bağlı olarak değiştiği görülmektedir (Şekil 4.1).



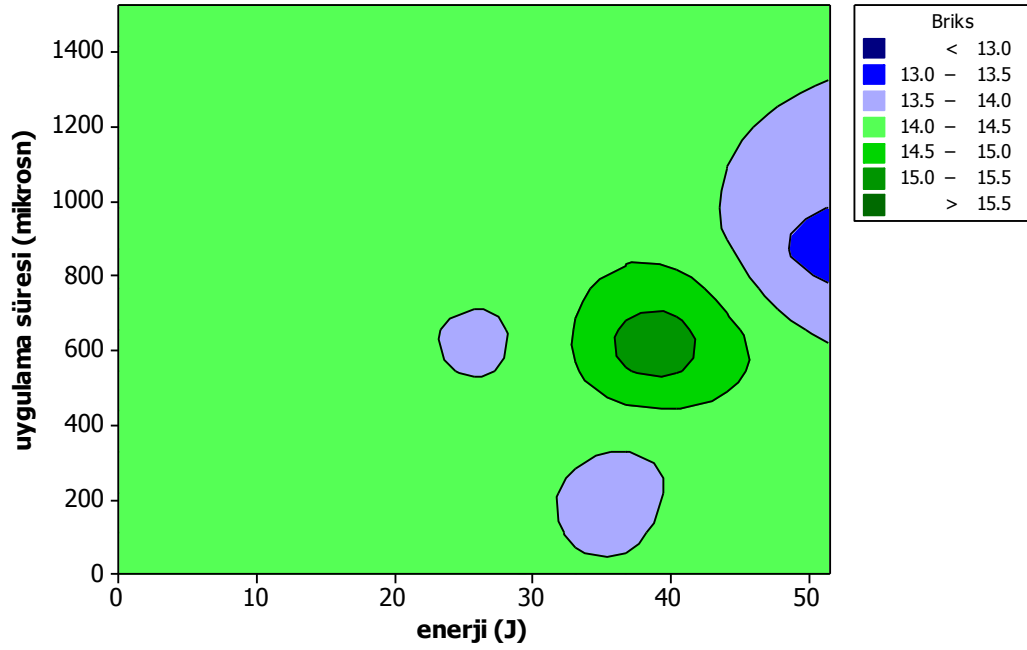
Şekil 4.1. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve elektrik alan şiddetinin fonksiyonu olarak uygulanan enerji (J) seviyesinin değişimi.

Herhangi bir proses uygulanmamış kontrol örneklerinde ortalama pH değerleri 3.37 ± 0.03 olarak belirlenmiştir. Belirlenen proses parametreleri altında örneklerin pH değeri 3.44-3.20 arasında değişim göstermiş olup pH 3.4'ün üzerine çıktığı proses parametreleri 0-20 J enerji ve 1100-1200 μ s uygulama süreleri arasındadır (Şekil 4.2). Genel olarak karşılaştırıldığında kontrol ve proses edilen örnekler arasında önemli bir fark bulunmamaktadır ($p > 0.05$).



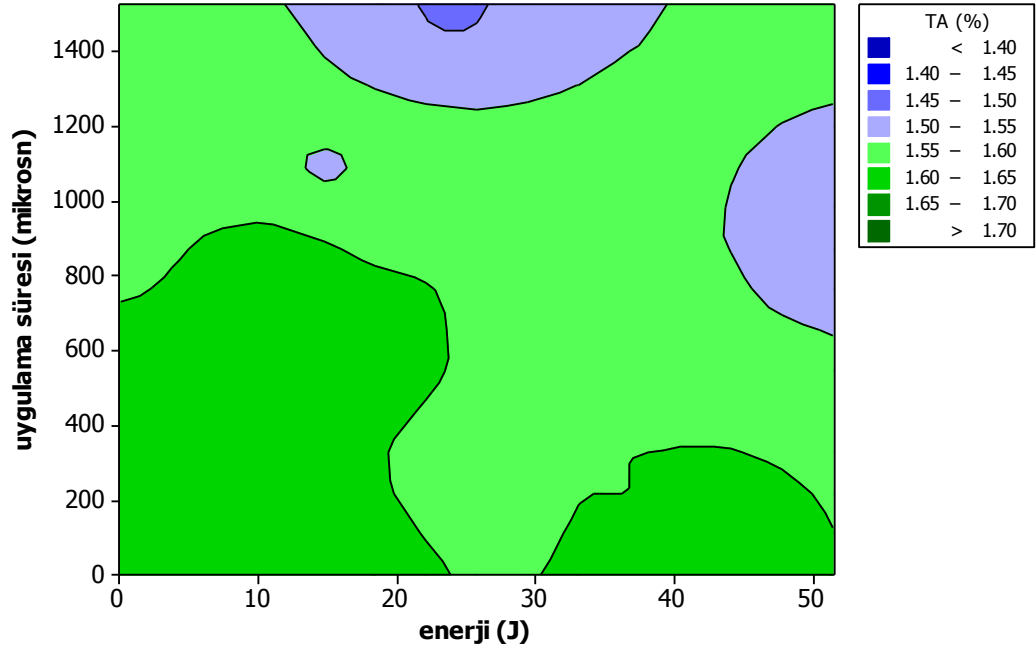
Şekil 4.2. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak pH değişimi.

Kontrol nar suyu örneklerinde °Briks 14.13 ± 0.69 olarak tespit edilirken proses parametrelerine bağlı olarak °Briks 12.90-15.80 arasında değişim göstermiştir ($p > 0.05$). En yüksek °Briks değerleri 40J enerji ve 400-600 μ s uygulama süresi aralığında elde edilirken en düşük değerler 50J enerji ve 800-1000 μ s uygulama aralığında ölçülmüştür (Şekil 4.3).



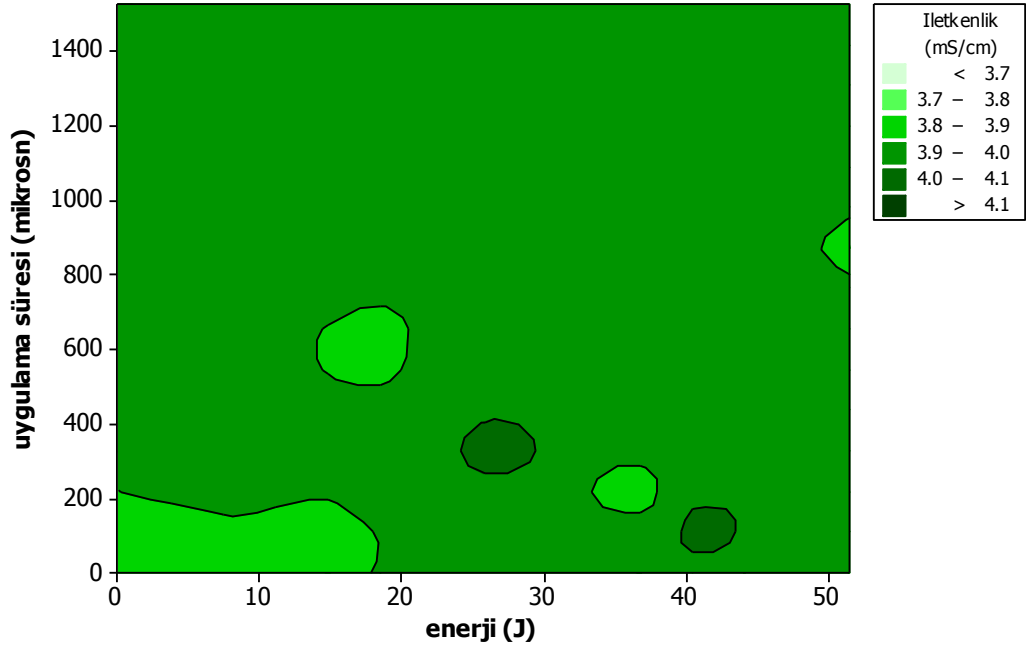
Şekil 4.3. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak °Briks değişimi.

Titrasyon asitliği (%) miktarı kontrol örneklerinde 1.63 ± 0.19 olarak tespit edilmiştir. Buna karşın PEF ile proses edilen örneklerde TA miktarı 1.67 ± 0.2 - 1.39 ± 0.36 aralığında ölçülmüştür ($p > 0.05$). Eş yükselti grafik analizlerinde en düşük pH değerleri 20-30J ve 1200-1400µs uygulama süreleri ile 50J ve 600-1200µs uygulama süreleri aralığında görülmüştür (Şekil 4.4).



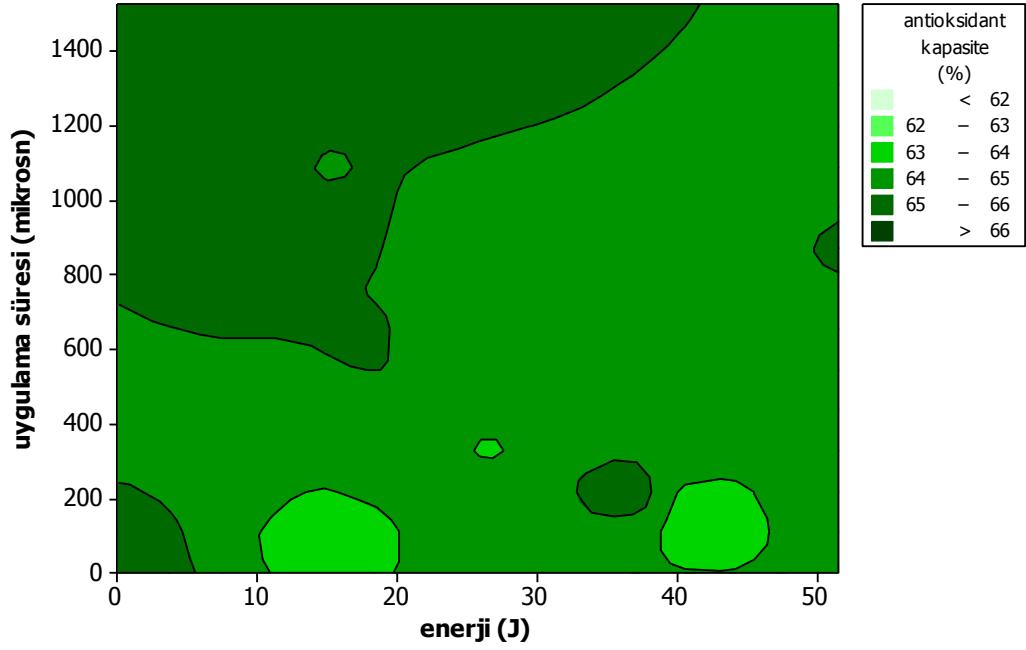
Şekil 4.4. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak TA (%) değişimi.

Kontrol ve PEF ile proses edilen nar sularında iletkenlik değerleri açısından önemli bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Kontrol örneklerinde iletkenlik 3.81 ± 0.40 mS/cm olarak ölçülmüş ve bu değer proses edilen örneklerde 4.08 ± 0.47 - 3.75 ± 0.46 mS/cm aralığında değişim göstermiştir. Kontrol örneklerine iletkenliğin daha yüksek olduğu proses parametre aralığı 40-43 J enerji ve 0-200 μ s uygulama süresi ile 26-30 J enerji ve 200-400 μ s uygulama süresi aralığında görülmüştür (Şekil 4.5).



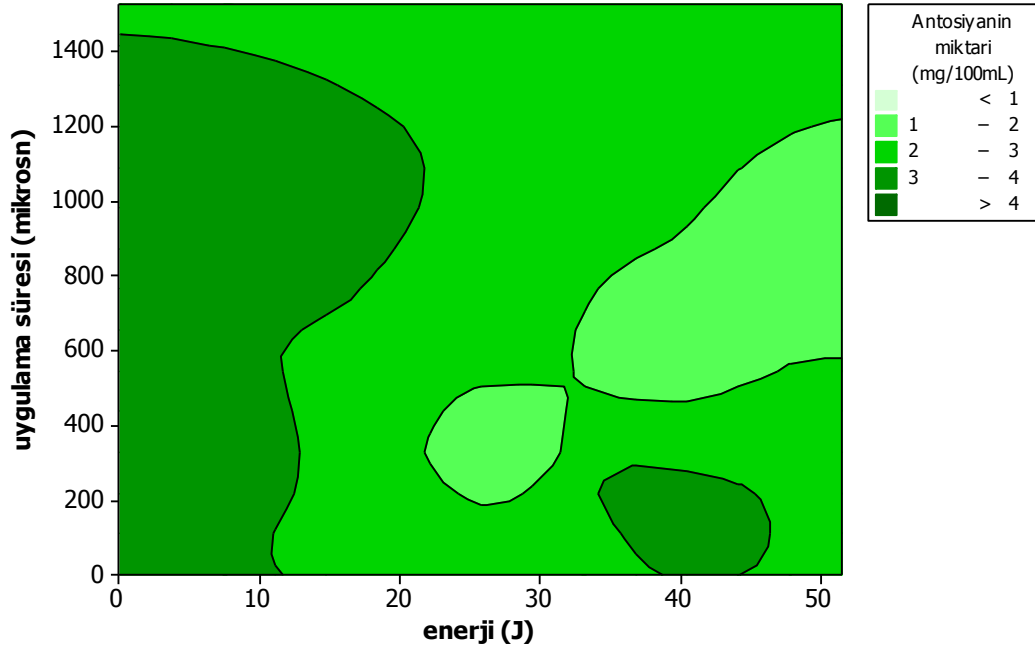
Şekil 4.5. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak iletkenlik ($\mu\text{S/cm}$) değişimi.

Toplam antioksidant kapasitesi miktarı açısından inceleme yapıldığında kontrol edilen örneklerin toplam antioksidan kapasitesi $\% 65.65 \pm 2.32$ olarak tespit edilmiştir. Diğer ölçümlerde olduğu gibi toplam antioksidant kapasite ölçümünde de proses parametrelerine bağlı olarak bazı farklılıklar görülmekle birlikte kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında önemli bir fark görülmemiş ve antioksidant kapasite değerleri $\% 62.50 \pm 1.70$ ile 66.55 ± 1.53 arasında değişim göstermiştir. Eş yükselti grafiğinde toplam antioksidant kapasitesi daha çok 600-1400ms uygulama süresi ve 0-40 J enerji aralığında artış göstermiş olup, genel olarak antioksidant kapasitesinde kontrol örneklerinde göre azalma görülmemiştir (Şekil 4.6).



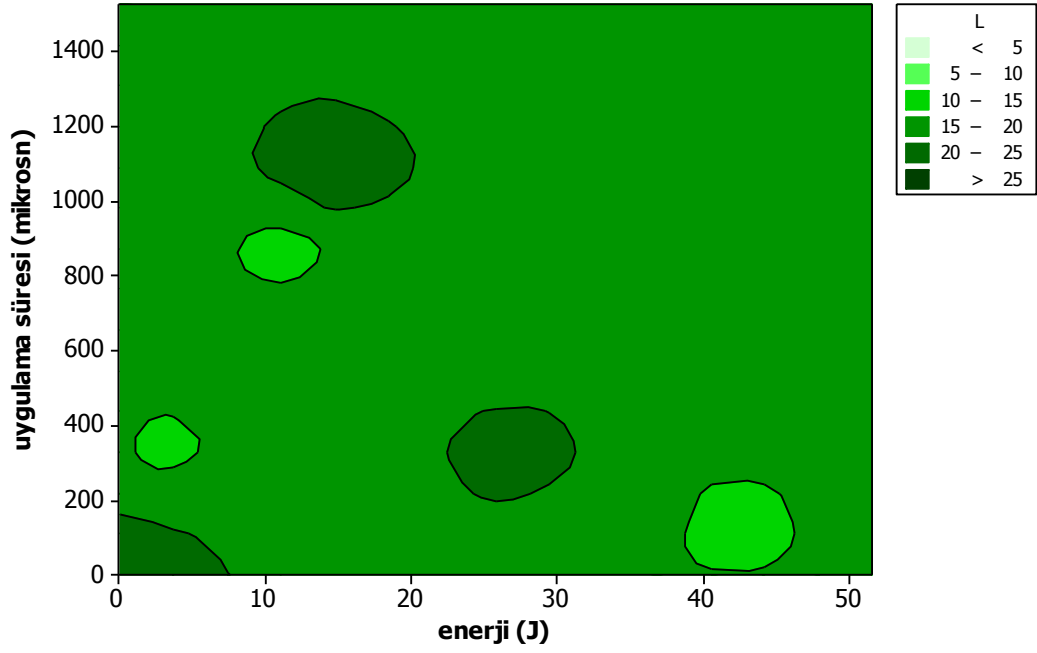
Şekil 4.6. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak antioksidant kapasite değişimi (%).

Kontrol örneklerinde toplam antosiyanin miktarı 3.58 ± 0.35 mg/L olarak ölçülmüş, fakat PEF ile proses edilmiş örneklerde antosiyanin miktarı 0.99 ± 0.08 ile 4.45 ± 0.89 mg/L arasında değişim göstermiştir. Toplam antosiyanin miktarının düşük olarak tespit edildiği proses parametrelerinde önemli bir azalma görülmüştür ($p \leq 0.05$). Genel olarak bakıldığında uygulama süresine bakılmaksızın düşük enerji değerlerinde antosiyanin miktarı daha yüksek görülmüştür. Genel olarak bakıldığında en düşük antosiyanin miktarı 35-50 J enerji ve 600-1200 μ s aralığında tespit edilmiştir (Şekil 4.7).



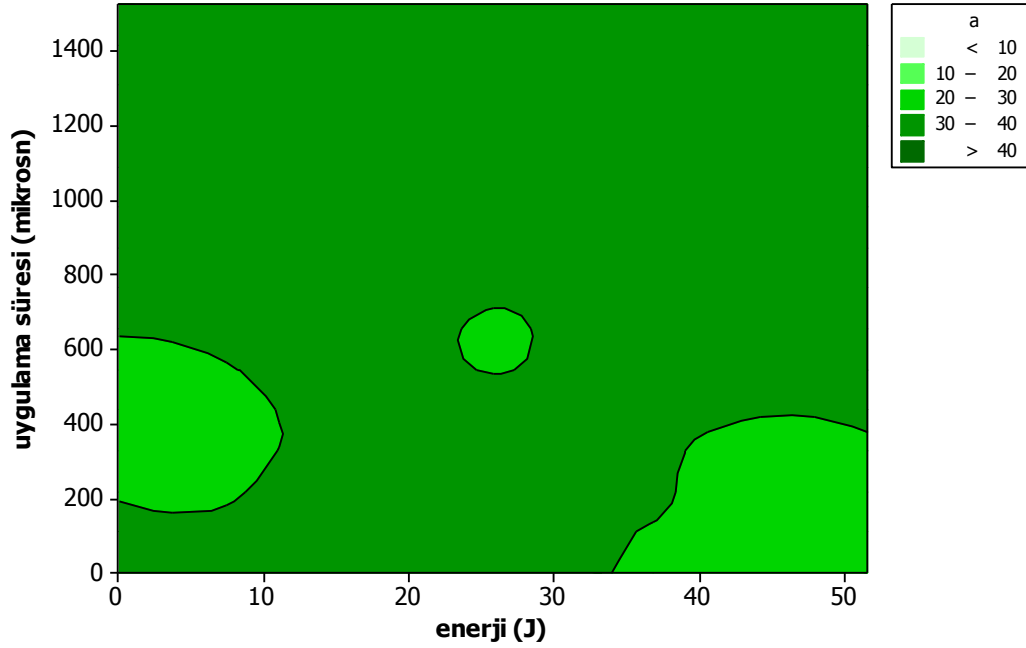
Şekil 4.7. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak antosiyanin miktarı (mg/100 mL) değişimi.

Farklı proses parametrelerinde nar suyunun renk değişim değerleri incelendiğinde kontrol örneklerinin L değeri 23.89 ± 2.17 olarak tespit edilirken, proses edilen örneklerde L değeri 11.70 ± 0.03 ile 26.71 ± 4.12 arasında değişim göstermektedir. Proses parametrelerine bağlı olarak düşük L değeri kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Eş yükselti grafiklerine göre L değerindeki düşüş lokal olarak 40-45J enerji ve 0-200 μ s uygulama süresi, 0-5 J enerji 300-400 μ s uygulama süresi ve 10-15 J enerji 800-850 μ s uygulama süresi aralığında görülmüştür (Şekil 4.8).



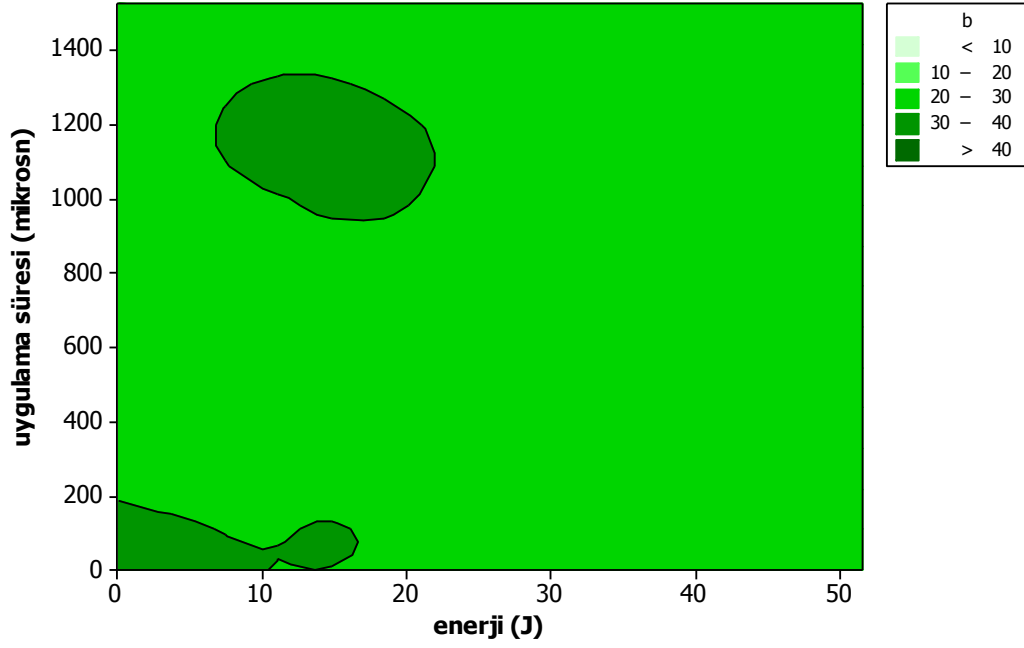
Şekil 4.8. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak renk L değeri değişimi.

Kontrol örneklerinin a değeri 37.31 ± 3.12 olarak tespit edilmiştir. Farklı proses parametreleri altında a değeri 12.10 ± 2.38 ile 40.76 ± 3.12 arasında değişim göstermiştir. Proses edilen örneklerde düşük a değerleri L değerinde olduğu gibi istatistiksel olarak önemli bir değişime neden olmuştur ($p \leq 0.05$). Eş yükselti grafiğinde ise a değerindeki düşüş daha çok 0-10 J ve 35-50 J enerji aralığı ile 200-600 μ s uygulama süresi aralığında görülmüştür (Şekil 4.9).



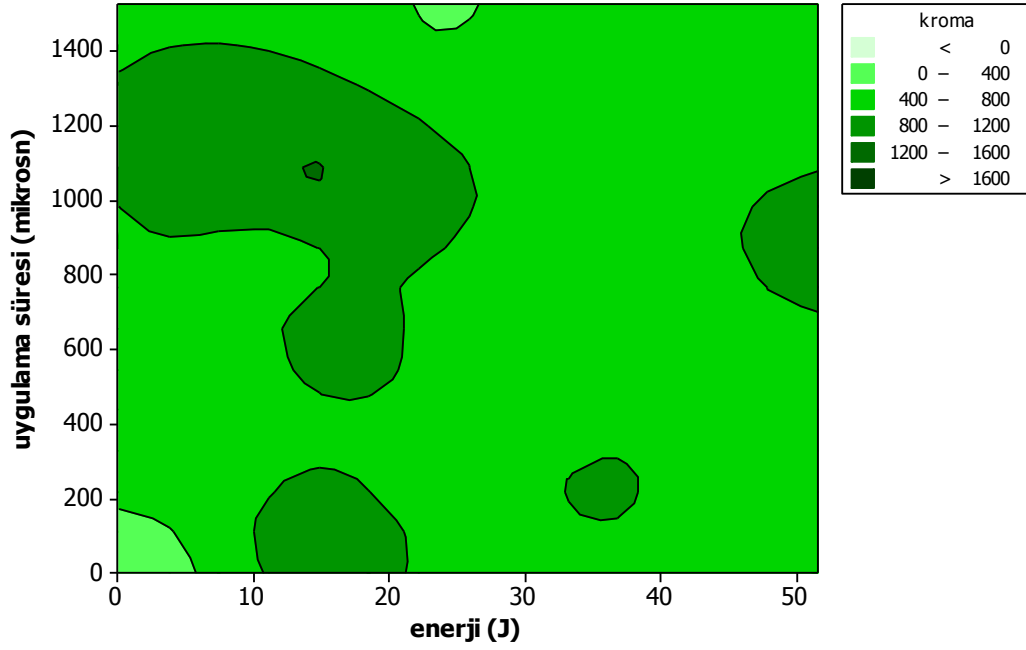
Şekil 4.9. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak renk a değeri değişimi.

Kontrol nar suyu örneklerinin b değeri 38.03 ± 2.38 olarak tespit edilmiştir. Proses parametrelerine bağlı olarak b değerindeki değişim 10.36 ± 0.43 ile 44.84 ± 3.76 arasında değişim göstermiştir. L ve a değerleri ile karşılaştırıldığında b değerindeki değişim kontrol örneklerine göre hem negatif hem de pozitif yönde olmuştur. Proses parametrelerine bağlı olarak değişen b değerinde genel olarak yüksek ve düşük b değerleri kontrol örneklerine göre önemli derecede farklılık göstermektedir ($p \leq 0.05$). Eş yükselti grafiğine bakıldığında yüksek değerler daha çok 0-15J ve 0-200 μ s uygulama aralığı ile 5-22 J enerji 900-1250 μ s uygulama aralığında gerçekleşmiştir (Şekil 4.10). Yüksek enerji ve uzun uygulama süreleri b değeri üzerinde önemli bir değişime neden olmamıştır.



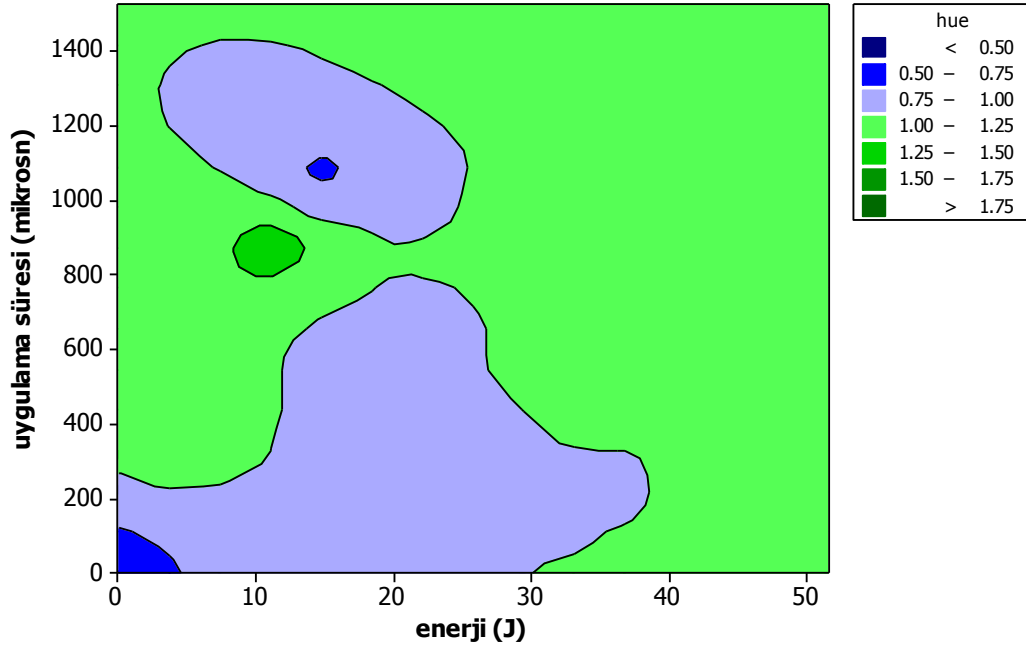
Şekil 4.10. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak renk b değeri değişimi.

Kroma değeri a ve b değerlerine bağlı olarak hesaplandığı için bu iki değerdeki değişime bağlı olarak kroma değerinde de değişim miktarı büyümektedir. Kroma değeri kontrol örnekleri baz alınarak hesaplandığı için kontrol örneklerinde kroma değeri 0.001 ± 0.001 olarak hesaplanırken proses edilen örneklerde kroma değeri değişmektedir. Kroma değerindeki değişim miktarına bakıldığında 0-20 J ve 45-50 J enerji değerleri ve 500-1400 μ s uygulama süreleri arasında daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.11).



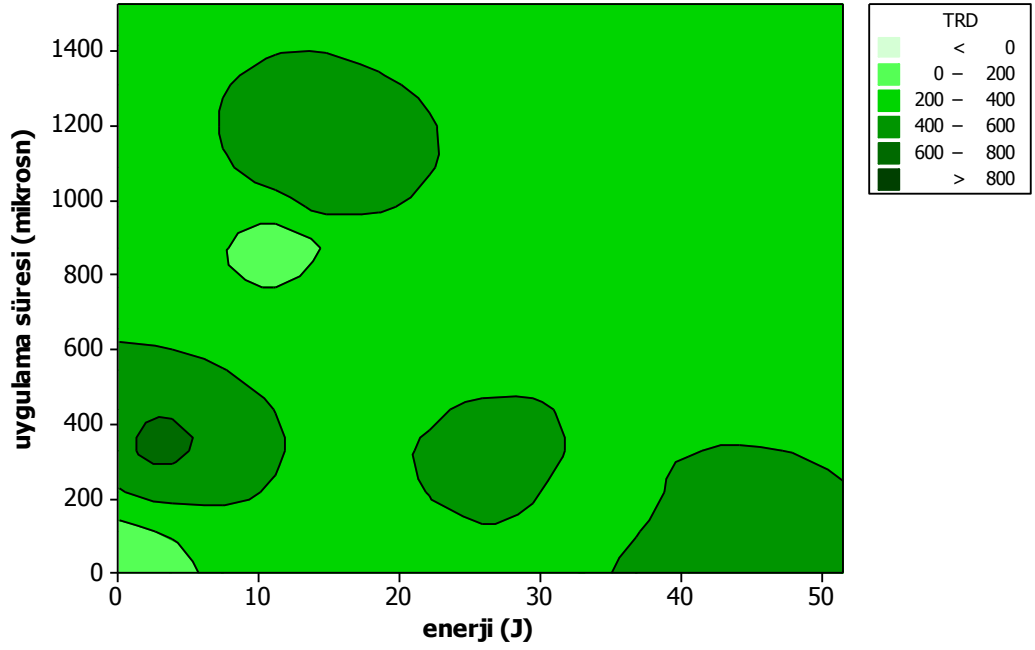
Şekil 4.11. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak kroma değeri değişimi.

Kontrol örneklerinin hue değeri 0.60 ± 0.05 olarak hesaplanırken proses edilen örneklerde hue değeri 0.51 ± 0.03 ile 1.77 ± 0.04 arasında değişim göstermiştir. Genel olarak bakıldığında hue değerinde büyük bir değişim görülmemiştir. kontrol örneklerinin hue değeri ile proses edilen örneklerin hue değeri arasında önemli bir farklılık görülmemiştir ($p > 0.05$). Hue değerinin maksimum olduğu proses parametrelerine bakıldığında 8-12 J ve 800 μ s uygulama süresi aralığı olduğu görülmektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak hue değeri değişimi.

Herhangi bir proses sonrası renkte meydana gelen değişim toplam renk değişimi (TRD) ile belirlenmekte ve genel olarak kontrol örnekleri referans alınarak hesaplanmaktadır TRD değeri ne kadar büyükse renkte meydana gelen değişim o kadar büyüktür. Genel olarak bakıldığında kontrol örnekleri 0 olarak kabul edildiğinde TRD değerinin en yüksek olduğu proses parametreleri 0-5 J ve 300-400 μ s uygulama süresi aralığında tespit edilmiştir. Proses edilen örneklerde TRD değeri 30.20 ± 6.46 ile 817.02 ± 55.62 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.13).



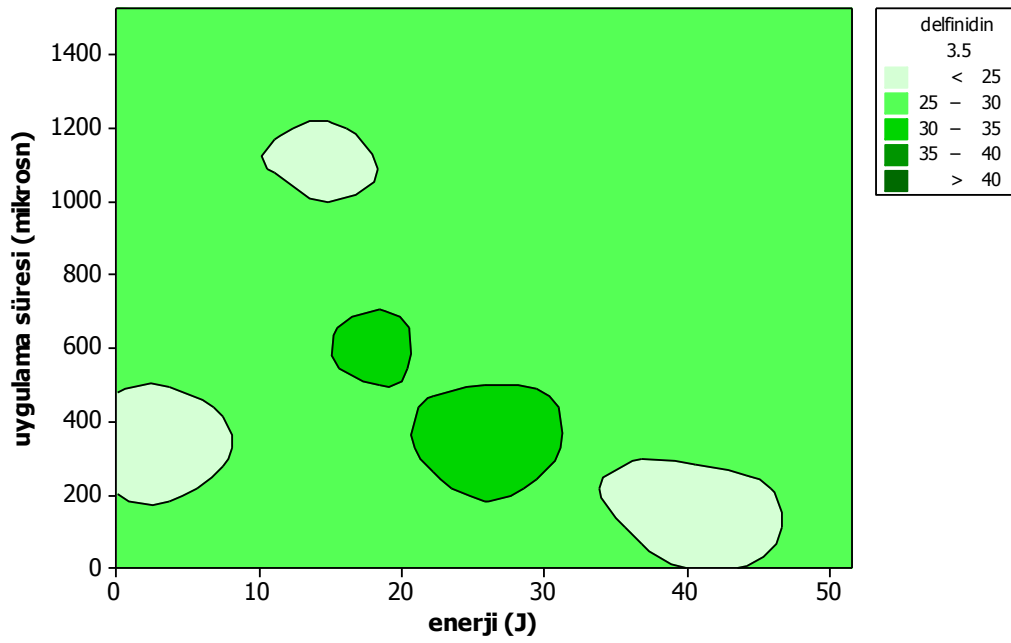
Şekil 4.13. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak TRD değişimi.

Nar suyu antosiyaninler açısından zengin bir ürün olup toplam antosiyanin miktarının yanında belirli antosiyaninlerin proses parametrelerine bağlı olarak değişimi de incelenmiştir (Çizelge 4.1). Delfinidin-3,5 diglukozit'in proses parametrelerine bağlı olarak değişimi incelendiğinde kontrol örneklerinde 25.15 ± 2.78 mg/L miktarında tespit edilmiştir. PEF ile proses edilen örneklerde ise delfinidin-3,5 diglukozit miktarı 22.63 ± 1.58 ile 36.78 ± 5.89 mg/L arasında değişim göstermiştir ($p > 0.05$). Genel olarak bakıldığında PEF proses sonrası delfinidin-3,5 diglukozit miktarında artış görülmüştür. En fazla artış 20-30 J ve 200-600 μ s uygulama aralığında tespit edilmiştir (Şekil 4.14).

Çizelge 4.1. Farklı proses parametrelerinde işlenen nar suyunda antosiyaninlerin değişimi.

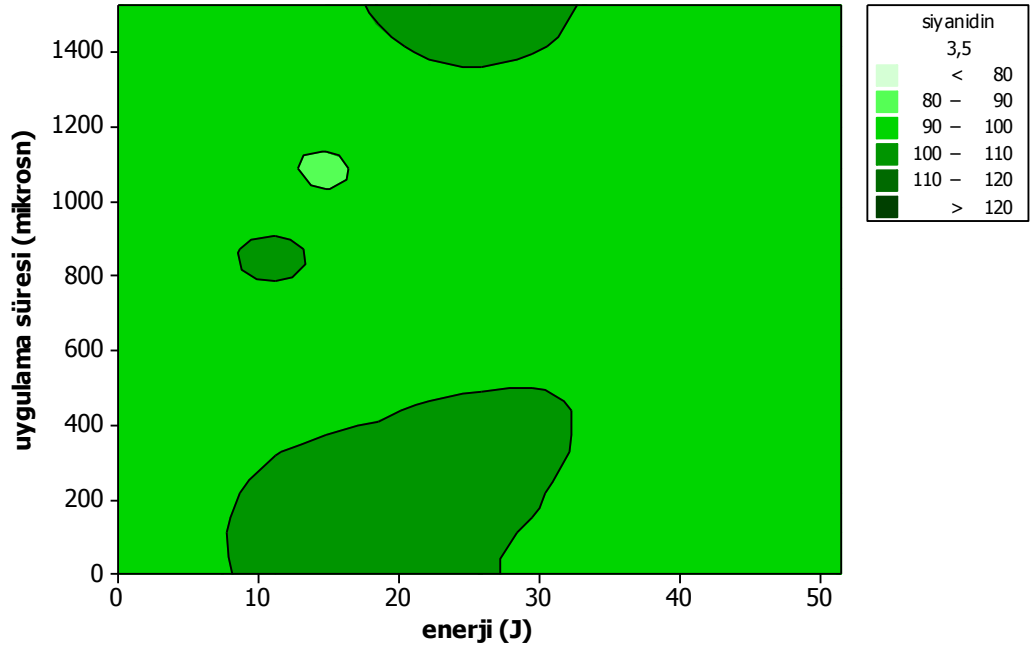
PEF proses parametreleri			Antosiyaninler (mg/L)					
Elektrik alan şiddeti (kV/cm)	Uygulama süresi (µs)	Enerji (J)	Delfinidin-3,5-diglukozit	Siyanidin-3,5-diglukozit	Delfinidin-3-glukozit	Pelargonidin-3,5-diglukozit	Siyanidin-3-glukozit	Pelargonidin-3-glukozit
0	0	0	25.15±2.78	98.42±11.52	2.87±0.77	25.61±5.87	105.54±3.82	4.04±1.14
11.6	1069	14.3	28.22±5.28	98.35±11.66	2.82±0.36	30.43±1.51	110.74±2.73	4.51±1.26
20.5	611	25.2	30.68±5.30	97.49±9.84	6.41±5.06	29.48±2.05	109.21±0.02	4.41±0.84
20.5	218	36	23.56±0.55	95.41±6.88	6.60±4.93	24.03±5.52	106.63±4.19	4.68±0.84
20.5	611	25.2	30.68±5.30	97.49±9.84	6.41±5.06	29.48±2.05	109.21±0.02	4.41±0.84
20.5	87.3	14.4	28.63±2.48	106.53±7.17	7.80±5.49	29.03±3.73	106.85±2.56	4.78±0.89
20.5	611	25.2	30.68±5.30	97.49±9.84	6.41±5.06	29.48±2.05	109.21±0.02	4.41±0.84
13.7	1527.8	24	25.47±0.54	107.04±6.82	7.74±5.52	21.49±4.97	97.67±2.22	4.03±0.81
11.6	1069	14.3	28.22±5.28	98.35±11.66	2.82±0.36	30.43±1.51	110.74±2.73	4.51±1.26
24.0	349.2	26.9	36.78±5.89	113.32±11.06	8.42±5.83	29.34±2.66	104.37±0.68	4.54±1.03
11.0	873	11.5	29.12±3.78	103.87±8.66	7.66±5.34	25.85±2.82	98.94±1.68	4.28±0.83
25.3	873	51.5	27.96±2.99	104.38±9.00	7.37±5.39	25.19±3.52	103.02±1.82	4.02±0.64
24.7	152.8	41.1	22.63±1.58	100.93±8.03	7.27±5.20	20.77±5.49	98.82±3.45	3.61±0.69
20.5	611	25.2	30.69±4.06	99.18±8.22	6.90±5.13	29.34±3.47	111.11±1.92	4.35±1.06
11.0	349.2	3.7	22.39±1.02	100.23±7.12	7.24±5.17	20.72±5.09	18725.25±248.66	4.50±0.46
20.5	611	25.2	30.69±4.06	99.18±8.22	6.90±5.13	29.34±3.47	111.11±1.92	4.35±1.06
24.4	611	38.8	32.44±5.81	100.38±8.73	7.31±5.17	26.64±2.50	100.72±2.10	4.14±0.83

PEF proses parametreleri			Antosiyaninler (mg/L)					
Elektrik alan şiddeti (kV/cm)	Uygulama süresi (µs)	Enerji (J)	Delfinidin- 3,5-diglukozit	Siyanidin-3,5- diglukozit	Delfinidin-3- glukozit	Pelargonidin- 3,5-diglukozit	Siyanidin-3- glukozit	Pelargonidin- 3-glukozit
24.7	152.8	41.1	22.63±1.58	100.93±8.03	7.27±5.20	20.77±5.49	98.82±3.45	3.61±0.69
20.5	218	36	23.56±0.55	95.41±6.88	6.60±4.93	24.03±5.52	106.63±4.19	4.68±0.84
20.5	611	17.9	33.28±7.07	102.70±12.58	8.27±6.68	27.59±0.84	101.05±2.44	4.34±1.06
11.0	349.2	3.7	22.39±1.02	100.23±7.12	7.24±5.17	20.72±5.09	18725.25±248.66	4.50±0.46
13.7	1527.8	24	25.47±0.54	107.04±6.82	7.74±5.52	21.49±4.97	97.67±2.22	4.03±0.81
11.6	1069	14.3	24.03±1.95	92.86±10.65	6.56±4.79	23.29±3.18	102.39±1.54	4.24±1.09
11.0	873	11.5	29.12±3.78	103.87±8.66	7.66±5.34	25.85±2.82	98.94±1.68	4.28±0.83
25.3	873	51.5	27.96±2.99	104.38±9.00	7.37±5.39	25.19±3.52	103.02±1.82	4.02±0.64
11.6	1069	14.3	24.03±1.95	92.86±10.65	6.56±4.79	23.29±3.18	102.39±1.54	4.24±1.09
20.5	611	17.9	33.28±7.07	102.70±12.58	8.27±6.68	27.61±0.84	101.05±2.44	4.34±1.06
24.0	349.2	26.9	36.78±5.89	113.32±11.06	8.42±5.83	29.34±2.66	104.37±0.68	4.54±1.03
20.5	87.3	14.4	28.63±2.48	106.53±7.17	7.80±5.49	29.03±3.73	106.85±2.56	4.78±0.89
20.5	611	25.2	30.69±4.06	99.18±8.22	6.90±5.13	29.34±3.47	111.11±1.92	4.35±1.06



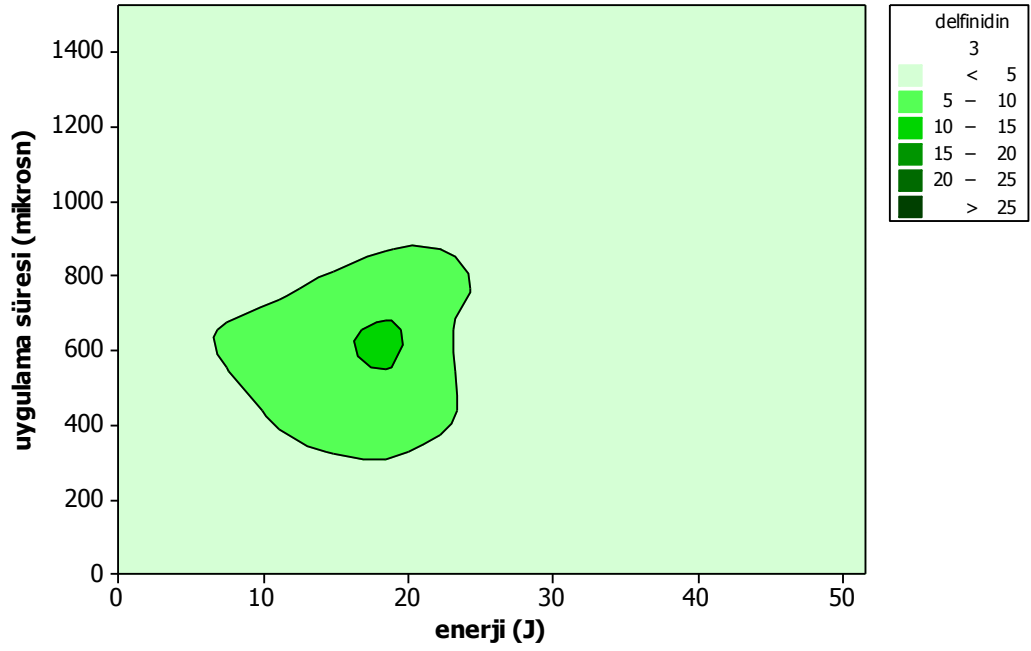
Şekil 4.14. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak delfinidin-3,5 diglukozit (mg/L) miktarındaki değişim.

Siyanidin-3,5 diglukozit miktarı kontrol örneklerinde 98.42 ± 11.52 mg/L olarak belirlenmiştir. Proses sonrası en düşük siyanidin-3,5 diglukozit miktarı 92.86 ± 10.65 mg/L olarak belirlenirken en yüksek miktar 113.32 ± 11.06 mg/L olarak ölçülmüştür. PEF ile proses edilen örneklerde proses parametrelerine bağlı olarak siyanidin-3,5 diglukozit miktarında artış gözlenmiştir ($p \leq 0.05$). Eş yükselti grafiklerinde 10-30 J aralığında 0-600 μ s uygulama süresi ile 1400-1500 μ s uygulama süresi aralığında görülmüştür (Şekil 4.15).



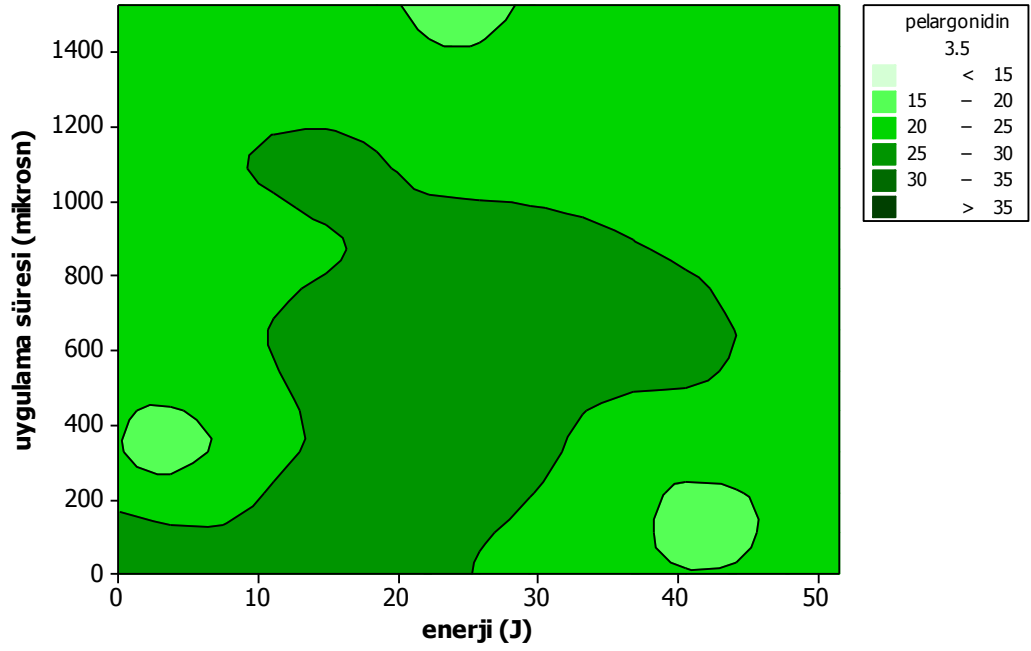
Şekil 4.15. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak siyanidin-3,5 diglukozit (mg/L) miktarındaki değişim.

Kontrol nar suyu örneklerine delfinidin-3-glukozit miktarı 2.87 ± 0.77 mg/L olarak ölçülmüştür. Proses parametrelerine bağlı olarak delfinidin-3-glukozit miktarı değişmekle beraber 2.82 ± 0.36 ile 8.27 ± 2.68 mg/L arasında değişim göstermiştir. Proses parametrelerine bağlı olarak artış gösteren delfinidin-3-glukozit miktarındaki artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Eş yükselti grafiğinde ise delfinidin-3-glukozit miktarı 18-20 J ve 600 μ s uygulama süresi aralığında görülmüştür (Şekil 4.16).



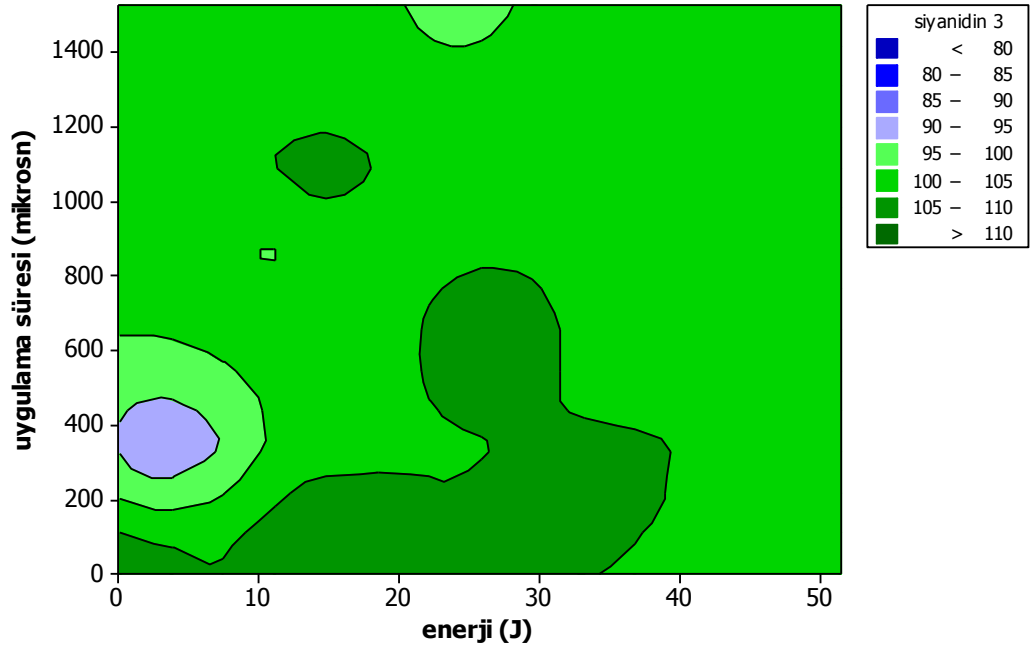
Şekil 4.16. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak delfinidin-3-glukozit (mg/L) miktarındaki değişim.

Pelargonidin-3,5-diglukozit miktarı kontrol örneklerinde 25.61 ± 1.52 mg/L olarak ölçülmüştür. PEF prosesinden sonra en düşük miktar 20.72 ± 3.48 mg/L olarak kaydedilirken en yüksek miktar 30.43 ± 2.67 mg/L olarak belirlenmiştir. Farklı proses parametrelerinin etkisine bakıldığında pelargonidin-3,5-diglukozit miktarındaki artış önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Genel olarak bakıldığında pelargonidin-3,5-diglukozit miktarındaki artışın bir yayılma şeklinde olduğu ve 0-40 J enerji ve 0-122 μ s aralığındaki bir alana yayılmış olduğu görülmektedir (Şekil 4.17).



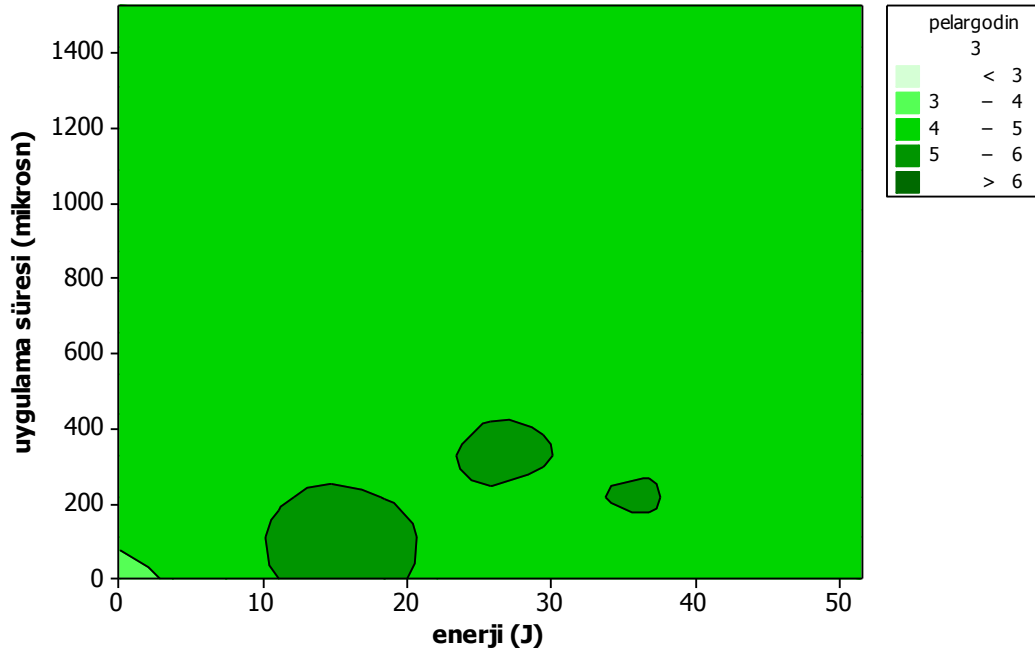
Şekil 4.17. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak pelargonidin-3,5-diglukozit (mg/L) miktarındaki değişim.

Kontrol örneklerinde siyanidin-3-glukozit miktarı 105.54 ± 4.82 mg/L iken PEF ile proses edilen örneklerinde siyanidin-3-glukozit miktarı 97.67 ± 3.23 ile 111.11 ± 4.92 mg/L arasında değişim göstermiştir. Proses edilen örneklerde düşük siyanidin-3- glukozit miktarları kontrol örneklerinden farklı bulunmazken ($p > 0.05$); yüksek siyanidin-3- glukozit değerleri kontrol örneklerine göre önemli ölçüde yüksek bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Eş yükselti grafiklerinde 0-35 J enerji ve 0-750 μ s uygulama süresi aralığında bulunmuştur. Siyanidin-3-glukozit miktarındaki önemli miktardaki artış daha çok düşük uygulama sürelerinde gerçekleşmiştir (Şekil 4.18).



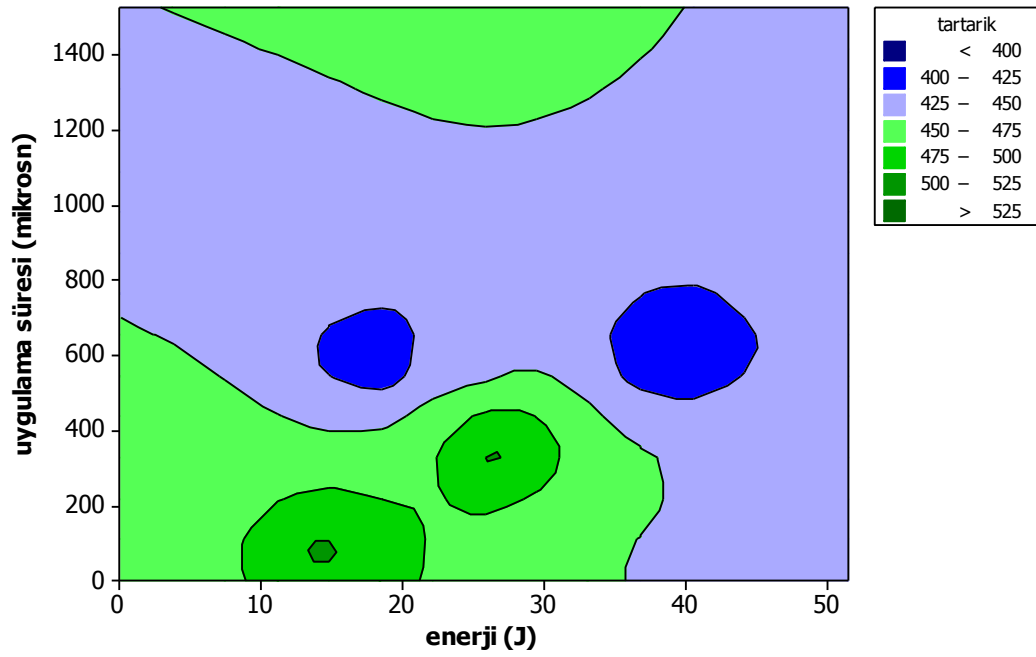
Şekil 4.18. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak siyanidin-3-glukozit (mg/L) miktarındaki değişim.

Pelargonidin-3-glukozit miktarındaki değişim incelendiğinde kontrol örneklerinde 4.04 ± 1.14 mg/L olarak ölçülürken; proses edilen örneklerde bu değer 3.61 ± 0.69 ile 4.78 ± 0.79 mg/L arasında değişim göstermiştir. Ölçülen değerler dikkate alındığında uygulanan proses parametrelerinin pelargonidin-3-glukozit miktarında önemli bir değişime neden olmamıştır ($p > 0.05$). Genel olarak bakıldığında pelargonidin-3-glukozit'in ölçülen miktarları arasında çok büyük farklılıklar bulunmamaktadır ve en yüksek değerler 10-20 J enerji ile 0-200 μ s uygulama süreleri ve 25-30 J enerji aralığı ile 350-400 μ s uygulama süreleri arasında ölçülmüştür (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak pelargonidin-3-glukozit (mg/L) miktarındaki değişim.

PEF proses parametrelerinin nar suyundaki organik asitler üzerine olan etkilerinin incelenmesi amacıyla tartarik, kuinik, okzalik, malik, sitrik, suksinik, fumarik ve askorbik asitlerdeki değişimler incelenmiştir (Çizelge 4.2). Kontrol örneklerindeki tartarik asit miktarı 436.96 ± 20.76 mg/L düzeyinde bulunmuştur. Farklı proses parametrelerinde tartarik asit miktarındaki değişim 425.10 ± 9.60 ile 501.26 ± 7.44 mg/L arasında tespit edilmiştir. Kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında farklı proses parametreleri tartarik asit miktarında önemli bir azalmaya neden olmamıştır. Fakat kontrol örneklerinden daha fazla miktarda bulunan tartarik asit miktarı önemli ölçüde yüksek bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Eş yükselti grafiklerinde yüksek değerdeki tartarik asit miktarları 10-20 J ve 0-200 μ s uygulama süresi ile 23-30 J ve 200-400 μ s uygulama aralığında gerçekleşmiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak tartarik asit (mg/L) miktarındaki değişim.

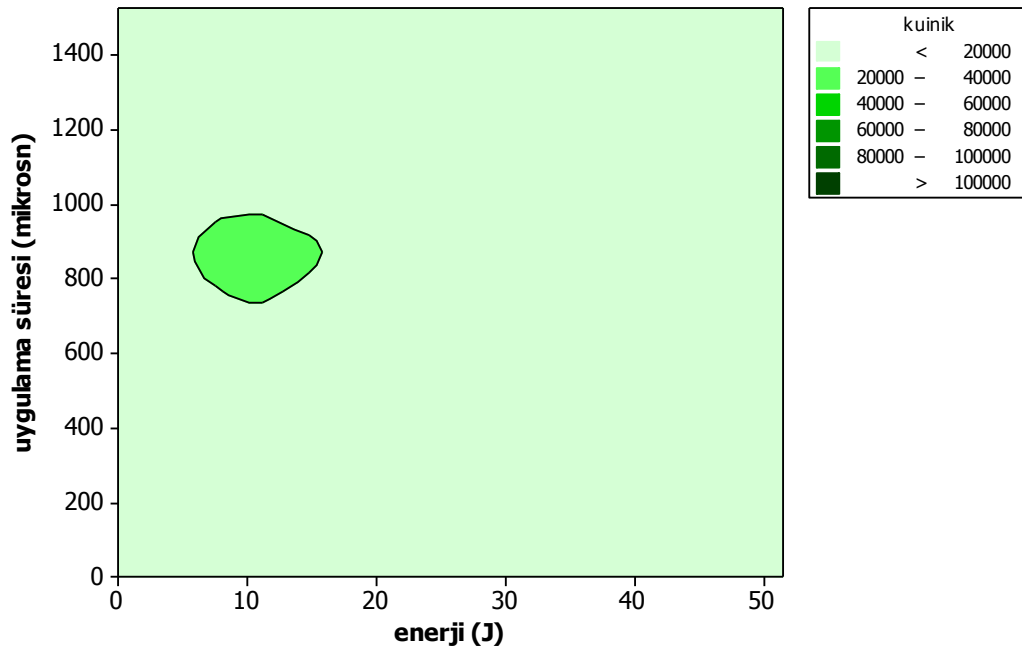
Kuinik asit miktarındaki değişim incelendiğinde kontrol örneklerinde kuinik asit miktarı 936.91 ± 222.59 mg/L olarak ölçülmüştür. Farklı seviyelerde PEF ile proses edildikten sonra kuinik asit miktarı 832.95 ± 112.73 ile 1317.16 ± 70.03 mg/L arasında değişim göstermektedir. Kuinik asit miktarlarının yüksek olduğu proses parametreleri sonrası istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$).

Çizelge 4.2. Farklı proses parametrelerinde işlenen nar suyunda organik asitlerin değişimi.

PEF proses parametreleri			Organik asitler (mg/L)							
Elektrik alan şiddeti (kV/cm)	Uygulama süresi (µs)	Enerji (J)	Tartarik asit	Kuistik asit	Okzalik asit	Malik asit	Sitrik asit	Suksinik asit	Fumarik asit	Askorbik asit
0	0	0	436.96±20.76	936.91±222.59	281.55±30.77	7182.19±214.71	15640.93±1458.65	50.52±6.82	8.31±3.09	12.32±1.83
11.6	1069	14.3	442.90±18.53	867.71±89.22	281.65±30.13	8499.38±455.38	11348.78±4916.76	42.37±24.41	6.69±2.84	9.312.06±0.89
20.5	611	25.2	443.78±0.18	1003.93±140.38	273.95±30.75	7964.28±119.23	14486.70±210.55	48.50±10.00	7.75±1.70	8.70±0.68
20.5	218	36	456.50±10.20	1011.66±191.71	283.33±28.90	7837.49±679.41	15065.59±2050.91	65.00±20.35	6.73±2.05	72.14±7.66
20.5	611	25.2	443.78±0.18	1003.93±140.38	273.95±30.79	7964.28±110.45	14486.70±210.55	48.50±12.05	7.75±1.77	80.45.73±0.63
20.5	87.3	14.4	490.10±36.03	1094.83±169.00	287.76±25.46	8259.18±339.20	15636.49±228.22	79.90±14.25	7.63±2.61	91.08±8.08
20.5	611	25.2	443.78±0.18	1003.93±140.48	273.95±30.13	7964.28±116.56	14486.70±4916.76	48.50±12.77	7.75±2.84	81.83±6.21
13.7	1527.8	24	474.73±22.58	1041.03±175.68	288.33±33.09	8944.83±495.65	15589.89±2205.69	55.45±35.58	8.91±2.63	10.68±2.25
11.6	1069	14.3	442.90±18.53	867.71±89.22	281.65±23.31	8499.38±455.38	11348.78±1807.75	42.37±24.76	6.69±1.46	9.31±0.39
24.0	349.2	26.9	501.26±7.44	1076.91±140.38	293.06±32.14	8049.80±615.70	15914.24±590.79	74.98±26.43	8.78±1.95	7.45±0.23
11.0	873	11.5	432.26±27.54	930.73±155.03	271.99±232.33	7130.69±741.96	13425.08±700.39	40.16±18.66	7.49±1.59	10.06±0.36
25.3	873	51.5	425.10±9.60	841.34±88.16	292.29±39.29	8259.51±947.49	13799.66±583.89	54.88±12.96	7.95±1.23	9.30±1.96
24.7	152.8	41.1	424.63±12.93	960.45±174.91	289.31±14.19	8157.28±707.01	14332.09±202.90	30.23±13.05	8.39±2.05	11.73±0.39
20.5	611	25.2	445.75±10.64	1317.16±134.25	280.82±33.09	8071.82±99.34	15746.35±1800.50	51.90±8.18	8.77±2.06	9.93±2.14
11.0	349.2	3.7	453.24±23.74	914.23±70.03	298.69±25.46	7527.05±507.58	14785.58±590.79	60.89±21.44	7.91±1.29	7.89±2.84
20.5	611	25.2	445.75±12.93	1317.16±133.98	280.82±15.45	8071.82±95.50	15746.35±700.39	51.90±35.58	8.77±2.61	9.93±2.76
24.4	611	38.8	391.79±10.20	852.65±70.36	258.96±20.34	6899.46±507.58	12451.46±583.89	43.93±4.53	7.03±3.22	8.23±1.06
24.7	152.8	41.1	424.63±7.85	960.45±144.10	289.31±32.22	8157.28±94.20	14332.09±1280.94	30.23±18.66	8.39±1.46	11.73±2.20

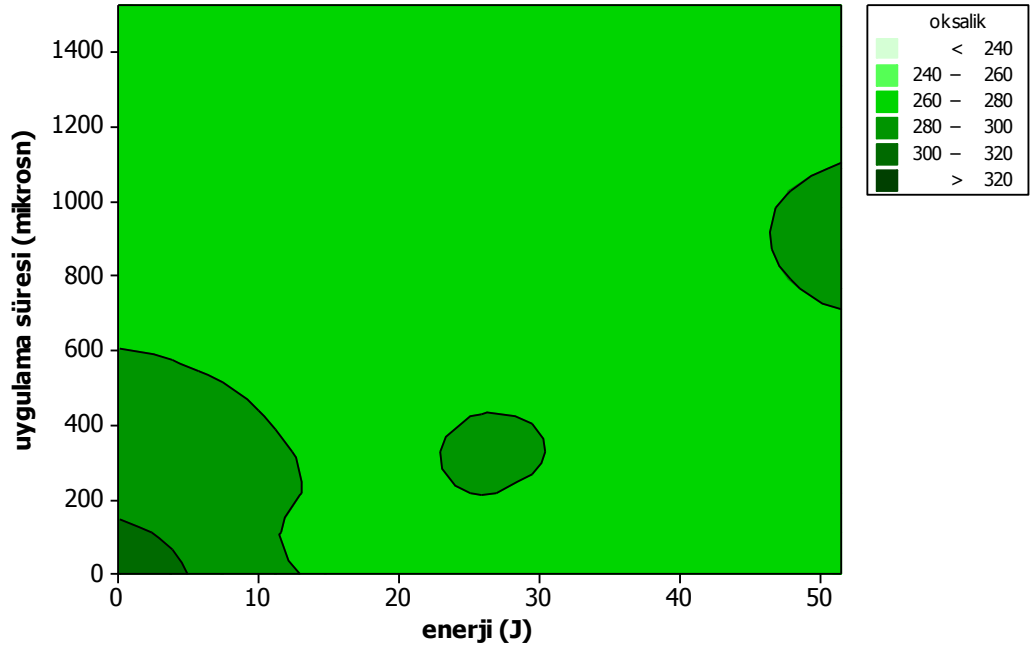
PEF proses parametreleri			Organik asitler (mg/L)							
Elektrik alan şiddeti (kV/cm)	Uygulama süresi (µs)	Enerji (J)	Tartarik asit	Kuiniik asit	Okzalik asit	Malik asit	Sitrik asit	Suksinik asit	Fumarik asit	Askorbik asit
20.5	218	36	456.50±18.31	1011.66±134.25	283.33±30.23	7837.49±917.60	15065.59±583.89	65.00±12.96	6.73±1.95	7.09±2.84
20.5	611	17.9	406.35±22.58	832.95±191.71	281.16±32.12	7587.24±707.01	14028.85±1893.06	66.48±4.53	7.09±3.13	8.41±1.96
11.0	349.2	3.7	453.24±5.65	914.23±112.73	298.69±29.06	7527.05±679.41	14785.58±700.39	60.89±18.50	7.91±2.06	7.89±0.32
13.7	1527.8	24	474.73±27.54	1041.03±133.98	288.33±27.87	8944.83±264.71	15589.89±2050.91	55.45±10.50	8.91±1.09	10.68±1.82
11.6	1069	14.3	437.55±9.60	982.63±175.68	269.33±22.67	8604.63±507.58	15953.70±715.18	40.43±26.43	7.83±2.63	7.15±0.43
11.0	873	11.5	432.26±5.65	26877.39±124.08	271.99±27.89	7130.69±495.65	13425.08±228.22	40.16±14.25	7.49±1.63	10.06±0.23
25.3	873	51.5	425.10±7.85	841.34±38.78	292.29±22.90	8259.51±564.72	13799.66±1336.75	54.88±8.11	7.95±1.23	9.30±0.35
11.6	1069	14.3	437.55±23.74	982.63±179.46	269.33±23.31	8604.63±741.96	15953.70±876.14	40.43±4.53	7.83±1.46	7.15±2.20
20.5	611	17.9	406.35±7.44	832.95±124.08	281.16±32.14	7587.24±947.49	14028.85±715.18	66.48±18.50	7.09±3.04	8.41±2.84
24.4	611	38.8	391.79±36.03	852.65±112.73	258.96±39.29	6899.46±564.71	12451.46±1934.70	43.93±10.50	7.03±1.09	8.23±1.96
24.0	349.2	26.9	501.26±10.64	1076.91±144.10	293.06±33.46	8049.80±264.71	15914.24±2200.56	74.98±26.43	8.78±2.63	7.45±1.83
20.5	87.3	14.4	490.10±26.78	1094.83±169.00	287.76±25.46	8259.18±615.20	15636.49±2870.91	79.90±14.25	7.63±1.63	9.91±0.43
20.5	611	25.2	445.75±27.80	1317.16±74.32	280.82±15.45	8071.82±92.45	15746.35±584.80	51.90±8.11	8.77±1.23	9.93±0.23

Proses parametrelerine bağılı olarak kuinik asit miktarlarına bakıldığından 5-15 J enerji ve 750-900 μ s uygulama sürelerinde en yüksek değerde kuinik asit ölçülmüştür (Şekil 4.21).



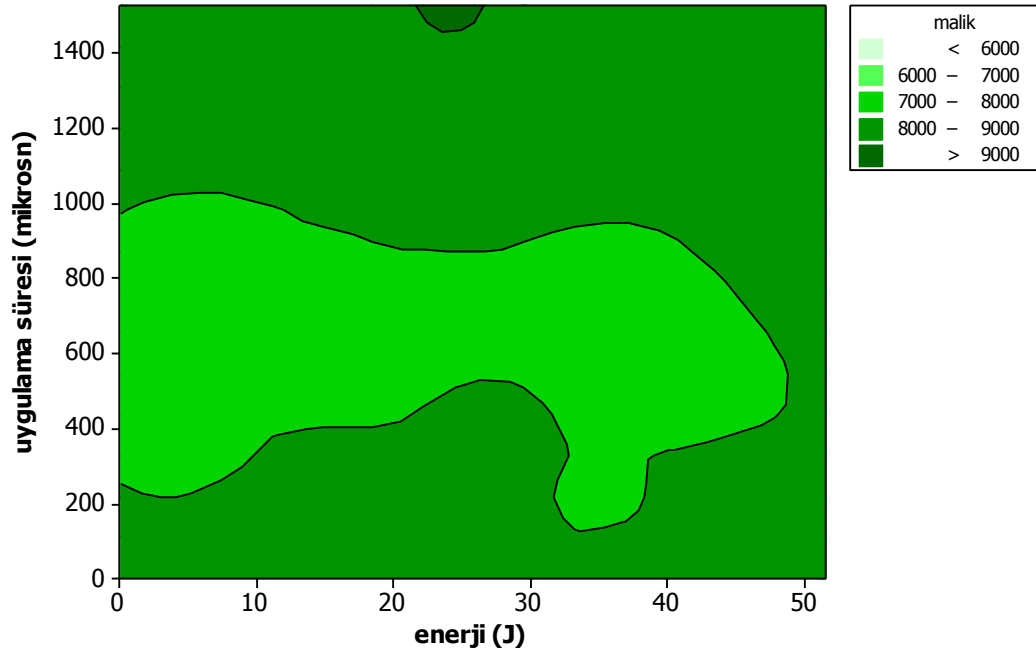
Şekil 4.21. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak kuinik asit (mg/L) miktarındaki değişim.

Okzalik asit miktarı kontrol örneklerinde 281.55 ± 30.77 mg/L olarak belirlenmiştir. PEF ile proses edilen örneklerde ise okzalik asit miktarı 258.96 ± 14.19 mg/L ile 298.69 ± 37.41 mg/L arasında değişim göstermiştir. Kontrol örnekleri ile proses edilen örnekler arasında okzalik asit miktarı açısından önemli bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$). Bununla birlikte daha çok düşük enerji ve kısa uygulama sürelerinde okzalikasit miktarı fazla bulunmuş olup ayrıca 50 J enerji ve 800-1000 μ s uygulama süreleri koşullarında yine okzalik asit miktarında artış gözlenmiştir (Şekil 4.22).



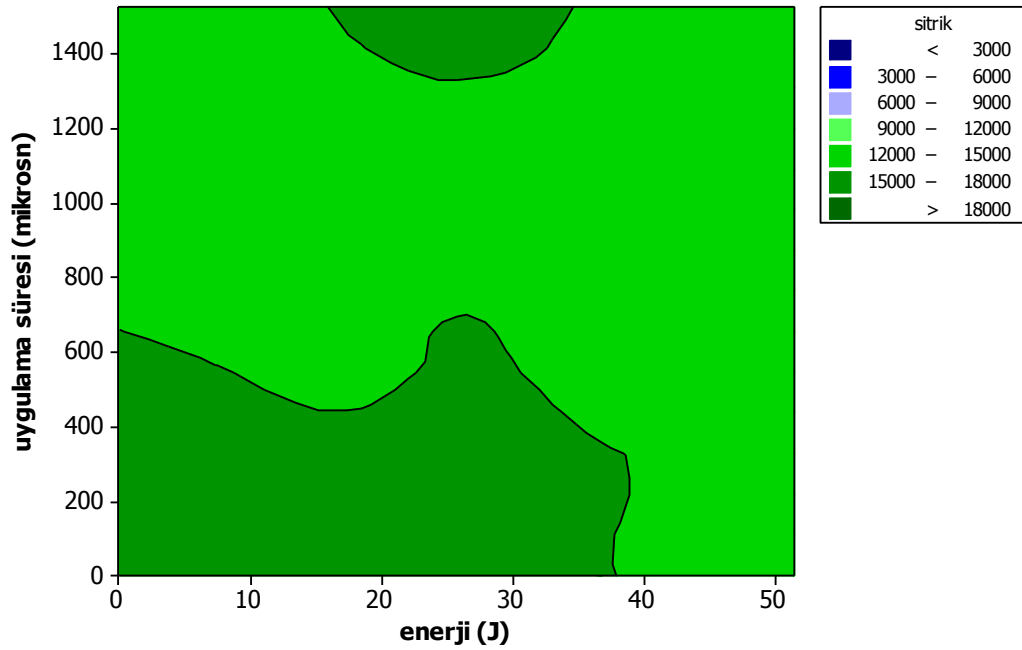
Şekil 4.22. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak oksalik asit (mg/L) miktarındaki değişim.

Malik asit miktarındaki değişim incelendiğinde farklı proses parametreleri altında 6899.46 ± 717.09 mg/L ile 8944.83 ± 495.65 mg/L arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Buna karşın kontrol örneklerinde malik asit miktarı 7182.19 ± 214.15 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yapılan uygulamalar sonucu malik asit miktarında önemli bir değişim saptanmamıştır ($p > 0.05$). Genel olarak bakıldığında PEF proses parametrelerinin malik asit miktarında önemli bir değişime neden olmadığı ve 230-1000 μ s uygulama süresini 0-50 J enerji uygulamalarını kapsayan bir alanda malik asit miktarında azalma görüldüğü tespit edilmiştir (Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak malik asit (mg/L) miktarındaki değişim.

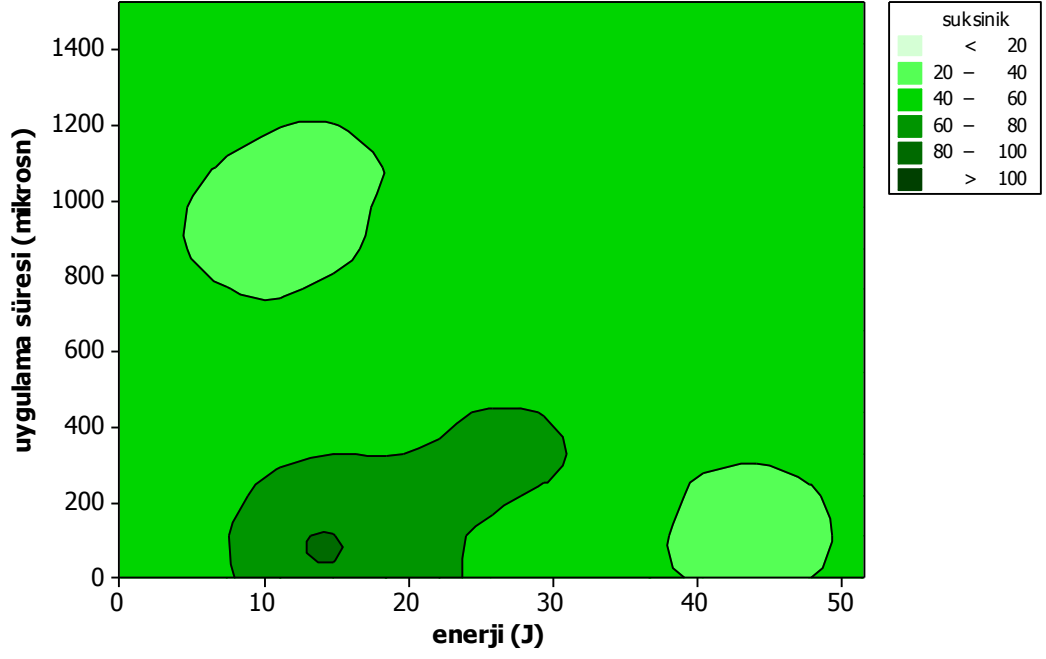
Kontrol örneklerinde sitrik asit miktarı 15640.93 ± 1458.65 mg/L olarak belirlenmiştir. Farklı PEF proses parametreleri altında sitrik asit miktarı 11348.78 ± 2516.76 ile 15953.70 ± 1335.70 mg/L arasında değişim göstermiştir. Farklı proses koşullarının sitrik asit üzerindeki etkisine bakıldığında sitrik asit miktarında önemli bir farklılık görülmemiştir ($p > 0.05$). Genel olarak 0-40 J enerji ve 0-600 μ s uygulama süresinin bulunduğu proses parametreleri altında ve 20-30 J enerji 1400-1500 μ s uygulama süresi altında daha yüksek sitrik asit değerleri tespit edilmiştir (Şekil 4.24).



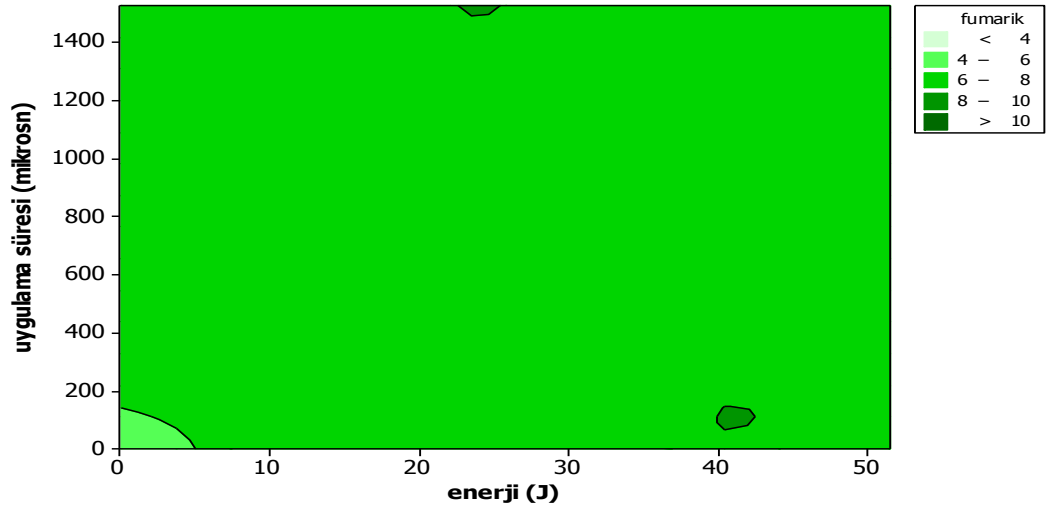
Şekil 4.24. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak sitrik asit (mg/L) miktarındaki değişim.

Suksinik, fumarik ve askorbik asit miktarlarına bakıldığında kontrol örneklerinde sırasıyla 50.52 ± 6.82 , 8.31 ± 3.09 ve 12.32 ± 1.83 mg/L olarak tespit edilmişlerdir. Farklı proses parametreleri altında bu organik asitler sırasıyla 40.43 ± 4.53 ile 79.90 ± 14.25 mg/L, 6.73 ± 2.05 ile 8.91 ± 2.61 mg/L ve 7.09 ± 2.14 ile 11.73 ± 1.39 mg/L aralığında belirlenmişlerdir. Kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında suksinik, fumarik ve askorbik asit miktarlarında önemli bir değişim gözlenmemiştir ($p > 0.05$). Yüksek miktarlardaki suksinik asit daha çok 8-30 J enerji ve 0-400 μ s uygulama süresinin bulunduğu alanda gözlemlenmiştir (Şekil 4.25). Fumarik asit miktarındaki değişime bakıldığında ise genel olarak proses parametrelerine bağlı olmaksızın fumarik asit miktarında önemli bir değişim olmadığı görülmektedir (Şekil 4.26). Askorbik asit miktarındaki değişim incelendiğinde ise lokal olarak proses parametrelerine bağlı olarak değiştiği 0-10 J ve 38-48 J ile 0-200 μ s uygulama süresi aralığı ve 20-30 J 1400-1500 μ s uygulama

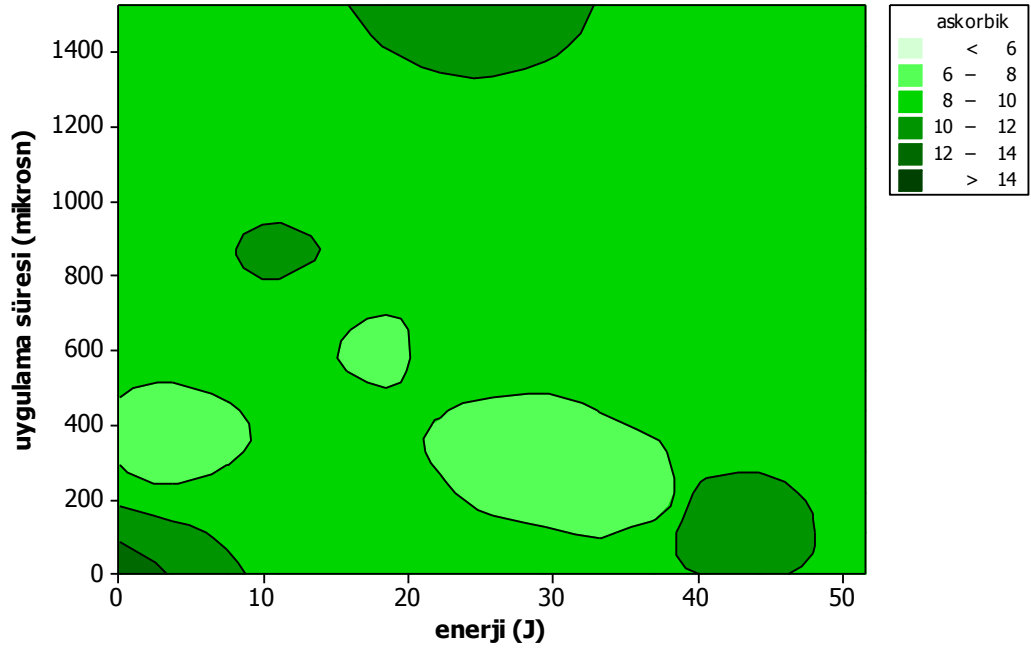
süresi aralığında daha yüksek askorbik asit değerlerine ulaşıldığı görülmektedir (Şekil 4.27).



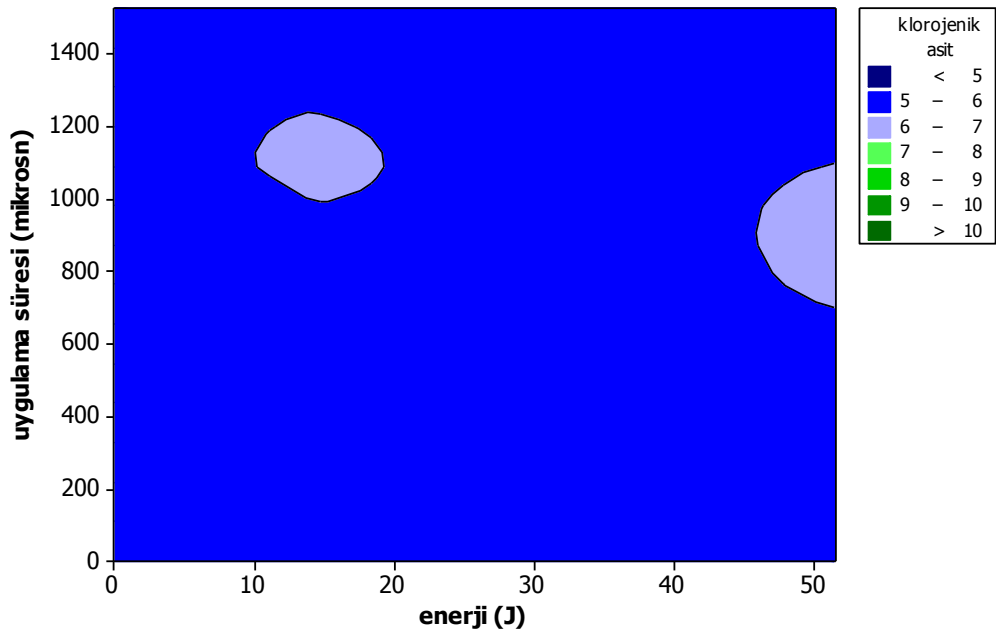
Şekil 4.25. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak süksinik asit (mg/L) miktarındaki değişim.



Şekil 4.26. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak fumarik asit (mg/L) miktarındaki değişim.



Şekil 4.27. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak askorbik asit (mg/L) miktarındaki değişim.



Şekil 4.28. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak klorojenik asit (mg/L) miktarındaki değişim.

Çizelge 4.3. Farklı proses parametrelerinde işlenen nar suyunda fenolik maddelerde görülen değişim.

PEF proses parametreleri			Fenolik maddeler (mg/L)							
Elektrik alan şiddeti (kV/cm)	Uygulama süresi (µs)	Enerji (J)	Klorojenik asit	p-kumarik asit	Ferrulik asit	Rutin	Kuersetin	Sihapik asit	Kafeik asit	Gallik asit
0	0	0	5.76±0.12	4.39±0.25	10.35±0.31	19.57±1.25	9.16±0.73	4.85±0.24	1.36±0.01	57.03±1.80
11.6	1069	14.3	7.98±2.27	4.24±0.32	10.18±0.08	18.60±2.32	9.65±0.36	4.89±0.98	1.36±0.04	59.37±4.38
20.5	611	25.2	5.58±0.20	4.16±0.20	9.83±0.17	18.65±0.08	9.54±0.69	4.87±0.78	1.27±0.06	56.86±3.38
20.5	218	36	5.65±0.03	4.97±0.31	19.34±4.84	19.03±0.21	9.63±0.56	5.34±0.64	1.29±0.04	52.12±3.34
20.5	611	25.2	5.58±0.02	4.16±0.20	9.83±0.14	18.65±0.34	9.54±0.76	4.87±0.68	1.27±0.01	56.86±2.49
20.5	87.3	14.4	5.86±0.02	4.16±0.34	10.49±0.65	21.90±1.08	11.57±0.77	6.23±0.25	1.37±0.03	55.34±1.06
20.5	611	25.2	5.58±0.04	4.16±0.20	9.83±0.13	18.65±1.21	9.54±0.82	4.87±0.08	1.27±0.02	56.86±2.39
13.7	1527.8	24	5.61±0.20	3.85±0.06	9.87±0.54	22.67±1.02	10.93±0.77	5.24±0.17	1.31±0.02	63.82±3.89
11.6	1069	14.3	7.98±2.27	4.24±0.32	10.18±0.08	18.60±2.02	9.65±0.38	4.89±0.09	1.36±0.00	59.37±3.82
24.0	349.2	26.9	5.55±0.01	5.51±0.05	10.97±0.09	21.13±0.59	11.66±0.35	5.45±0.27	1.30±0.01	55.60±2.45
11.0	873	11.5	5.05±0.02	3.75±0.12	9.70±0.25	22.67±0.32	10.08±0.66	5.39±0.05	1.72±0.02	57.07±2.63
25.3	873	51.5	6.20±0.11	4.31±0.09	10.93±0.01	20.79±0.17	8.79±0.25	4.08±0.52	1.62±0.11	61.14±3.64
24.7	152.8	41.1	5.53±0.12	4.21±0.08	10.67±0.02	20.77±0.07	8.70±0.52	4.41±0.36	1.40±0.03	63.09±4.21
20.5	611	25.2	5.90±0.32	4.67±0.03	10.03±0.03	18.63±0.06	10.00±0.48	4.11±0.09	1.34±0.22	58.01±2.45
11.0	349.2	3.7	5.46±0.22	4.43±0.19	11.64±0.18	21.67±0.26	8.71±0.36	3.79±0.46	1.51±0.34	56.32±3.12

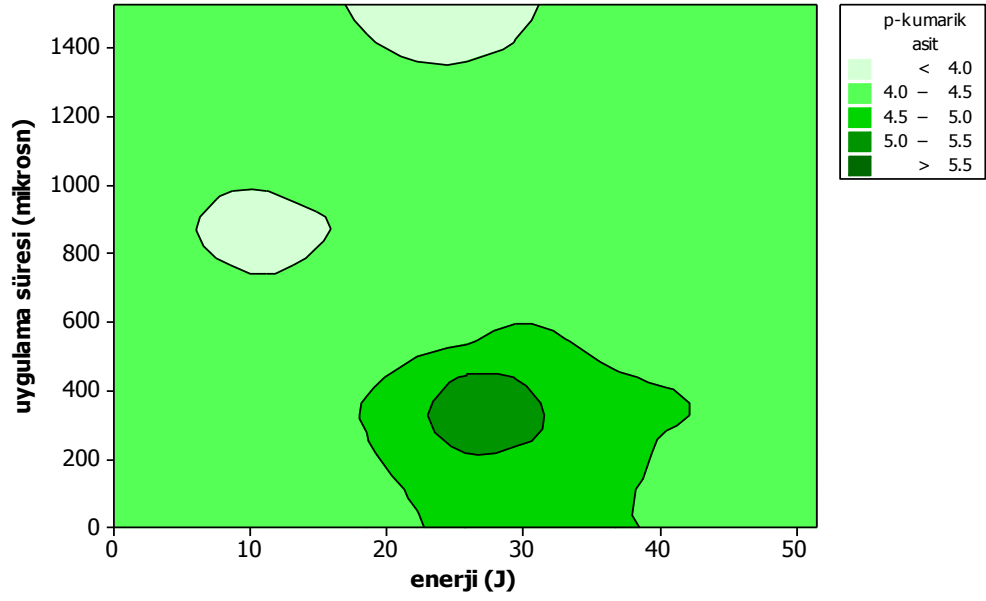
PEF proses parametreleri						Fenolik maddeler (mg/L)				
Elektrik alan şiddeti (kV/cm)	Uygulama süresi (µs)	Enerji (J)	Klorojenik asit	p-kumarik asit	Ferrulik asit	Rutin	Kuersetin	Sihapik asit	Kafeik asit	Gallik asit
20.5	611	25.2	5.90±0.32	4.67±0.02	10.03±0.17	18.63±0.65	10.00±0.05	4.11±0.09	1.34±0.18	58.01±3.26
24.4	611	38.8	5.65±0.17	4.21±0.31	7.44±2.57	22.53±1.35	9.13±0.24	3.32±0.31	1.31±0.21	59.36±2.72
24.7	152.8	41.1	5.53±0.24	4.21±0.08	10.67±0.25	20.77±0.54	8.70±0.05	4.41±0.36	1.40±0.31	63.09±3.32
20.5	218	36	5.65±0.16	4.97±0.31	19.34±3.83	19.03±0.21	9.63±0.54	5.34±0.68	1.29±0.45	52.12±2.46
20.5	611	17.9	5.68±0.26	4.12±0.14	10.27±0.05	19.18±0.35	8.27±0.71	5.49±0.18	1.54±0.19	59.22±2.24
11.0	349.2	3.7	5.46±0.42	4.43±0.19	11.64±0.18	21.67±0.17	8.71±0.38	3.79±1.46	1.51±0.34	56.32±5.20
13.7	1527.8	24	5.61±0.24	3.85±0.06	9.87±0.54	22.67±1.34	10.93±0.76	5.24±0.17	1.32±0.18	63.82±4.89
11.6	1069	14.3	4.70±0.19	4.20±0.10	9.56±0.16	18.04±0.26	8.42±0.07	5.35±0.01	1.22±0.22	54.07±2.56
11.0	873	11.5	5.05±0.02	3.75±0.11	9.70±0.25	22.67±0.29	10.08±0.62	5.39±0.05	1.72±0.36	57.07±2.63
25.3	873	51.5	6.20±0.11	4.31±0.09	10.93±0.43	20.79±0.18	8.79±0.19	4.08±0.52	1.62±0.28	61.14±3.64
11.6	1069	14.3	4.71±0.05	4.20±0.10	9.56±0.25	18.04±0.29	8.42±0.78	5.35±0.15	1.22±0.16	54.07±0.39
20.5	611	17.9	5.68±0.02	4.12±0.14	10.27±0.45	19.18±0.33	8.27±0.71	5.49±0.11	1.54±0.18	59.22±2.16
24.4	611	38.8	5.65±0.18	4.21±0.31	7.44±2.25	22.53±1.39	9.13±0.24	3.32±0.31	1.31±0.28	59.36±0.72
24.0	349.2	26.9	5.55±0.08	5.51±0.06	10.97±0.49	21.13±0.33	11.66±0.32	5.45±0.02	1.30±0.16	55.60±0.45
20.5	87.3	14.4	5.86±0.04	4.16±0.34	10.49±0.65	21.90±1.06	11.57±0.80	6.23±0.03	1.37±0.31	55.34±1.06
20.5	611	25.2	5.90±0.26	4.67±0.02	10.03±1.11	18.63±0.05	10.00±0.05	4.11±0.09	1.34±0.11	58.01±0.26

Çizelge 4.3. Farklı proses parametrelerinde işlenen nar suyunda fenolik maddelerde görülen değişimi (devam).

PEF proses parametreleri			Fenolik maddeler (mg/L)					
Elektrik alan şiddeti (kV/cm)	Uygulama süresi (µs)	Enerji (J)	(+) kateşin	Vanilik asit	(-) epikateşin	o-kumarik asit	(-) epikateşin gallat	Ellajik asit
0	0	0	122.26±2.24	34.04±1.64	77.48±3.51	14.16±0.34	56.24±3.69	540.18±16.04
11.6	1069	14.3	121.10±6.24	35.43±0.52	76.57±6.10	16.79±0.43	55.53±3.43	561.21±7.43
20.5	611	25.2	74.18±6.69	34.51±0.06	78.66±4.66	13.82±0.42	58.45±0.35	542.04±4.96
20.5	218	36	123.79±4.98	33.00±1.04	76.40±3.36	13.85±0.65	52.24±5.29	547.39±8.98
20.5	611	25.2	74.18±9.46	34.51±1.00	78.66±4.66	13.82±0.42	58.45±3.06	542.04±6.96
20.5	87.3	14.4	136.63±4.03	35.71±1.25	87.98±1.73	11.81±0.55	50.41±1.22	599.19±16.66
20.5	611	25.2	74.18±9.68	34.51±1.08	78.66±3.68	13.82±0.44	58.45±3.35	542.04±5.69
13.7	1527.8	24	135.38±2.94	35.82±1.28	84.57±4.97	13.07±0.46	61.05±3.19	609.33±17.16
11.6	1069	14.3	121.10±6.24	35.43±1.52	76.57±6.10	16.79±0.43	55.53±3.44	561.21±7.43
24.0	349.2	26.9	134.13±4.22	34.68±1.10	90.48±4.13	12.29±0.15	47.96±5.25	590.47±6.37
11.0	873	11.5	131.87±3.10	31.43±1.81	70.39±2.12	11.36±0.19	41.73±2.84	563.88±7.38
25.3	873	51.5	134.86±6.64	34.62±1.14	80.03±1.18	16.45±0.48	57.90±2.42	571.76±6.49
24.7	152.8	41.1	124.94±5.04	32.56±1.20	76.59±1.47	14.45±0.27	55.06±2.95	581.35±5.71
20.5	611	25.2	123.42±0.56	34.36±1.51	80.46±4.46	14.27±0.10	55.59±2.09	553.56±4.41
11.0	349.2	3.7	129.90±5.55	31.38±1.25	73.12±3.32	14.35±0.07	50.66±2.77	559.83±6.50

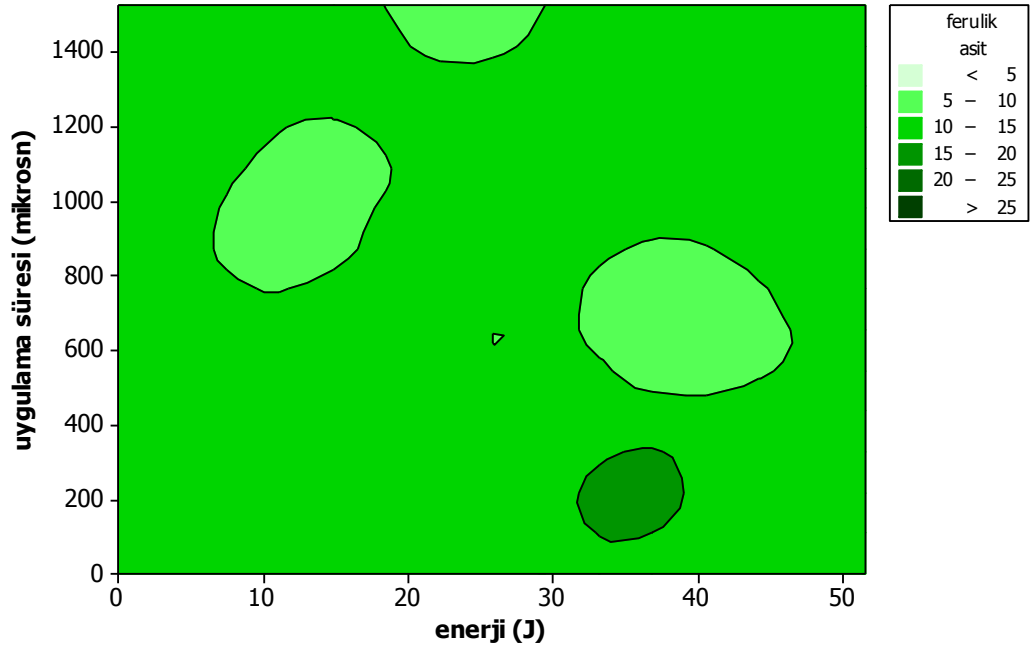
PEF proses parametreleri			Fenolik maddeler (mg/L)					
Elektrik alan şiddeti (kV/cm)	Uygulama süresi (µs)	Enerji (J)	(+) kateşin	Vanilik asit	(-) epikateşin	o-kumarik asit	(-) epikateşin gallat	Ellajik asit
20.5	611	25.2	123.42±5.52	34.36±1.50	80.46±3.46	14.27±0.09	55.59±3.09	553.56±5.40
24.4	611	38.8	125.14±9.76	33.12±1.05	72.57±4.81	12.41±2.38	46.30±3.92	546.51±3.70
24.7	152.8	41.1	124.94±4.04	32.56±1.20	76.59±0.17	14.45±0.27	55.06±2.95	581.35±5.71
20.5	218	36	123.79±4.98	33.00±1.06	76.40±0.32	13.85±0.76	52.24±5.29	547.39±8.97
20.5	611	17.9	120.67±2.56	33.08±1.24	77.15±2.27	13.87±0.49	54.44±1.34	535.10±16.00
11.0	349.2	3.7	129.90±3.55	31.38±1.25	73.12±1.32	14.35±0.14	50.66±2.77	559.83±7.50
13.7	1527.8	24	135.38±2.94	35.82±1.28	84.57±1.97	13.07±0.46	56.05±3.81	609.33±15.02
11.6	1069	14.3	115.06±6.33	30.57±1.08	70.08±1.22	13.08±0.03	57.97±3.06	499.28±6.98
11.0	873	11.5	131.87±3.11	31.43±1.81	70.39±3.85	11.36±0.1	41.73±2.84	563.88±7.58
25.3	873	51.5	134.86±6.64	34.62±1.14	80.03±1.58	16.45±0.42	57.90±2.42	571.76±6.99
11.6	1069	14.3	115.06±5.06	30.57±1.66	70.08±2.03	13.08±0.23	57.97±3.20	499.28±7.49
20.5	611	17.9	120.67±5.56	33.08±1.18	77.15±4.27	13.87±0.46	54.44±1.55	535.10±14.08
24.4	611	38.8	125.14±9.76	33.12±1.08	72.57±4.81	12.41±2.26	46.30±5.38	546.51±8.59
24.0	349.2	26.9	134.13±5.22	34.68±1.16	90.48±3.32	12.29±0.46	47.96±5.20	590.47±7.37
20.5	87.3	14.4	136.63±4.03	35.71±1.28	87.98±1.79	11.81±0.54	50.41±2.22	599.19±16.66
20.5	611	25.2	123.42±4.52	34.36±1.51	80.46±3.49	14.27±0.27	55.59±3.09	553.56±5.89

Nar suyundaki fenolik maddelerin proses parametrelerine bağı olarak değişimi incelendiğinde klorojenik asit, p-kumarik asit, ferulik asit, rutin, kuersetin, shapik asit, kafeik asit, gallik asit, (+) kateşin, vanilik asit, (-) epikateşin, o-kumarik asit, (-) epikateşingallat ve ellajik asit miktarlarına bakılmıştır (Çizelge 4.3). Kontrol örneklerinde klorojenik asit miktarı 5.76 ± 0.11 mg/L olarak belirlenmiştir. Farklı proses parametreleri uygulandıktan sonra klorojenik asitte en düşük miktar 4.7 ± 0.75 mg/L en yüksek miktarda 7.98 ± 2.27 mg/L olarak hesaplanmaıştır. Klorojenik asit miktarı açısından karşılaştırıldığında proses edilen örneklerle kontrol örnekleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Genel olarak bakıldığında düşük klorojenik asit miktarları lokal olarak 10-20 J ve 1000-1200 μ s uygulama süresi aralığı ve 45-50 J 700-1000 μ s uygulama süresi aralığında görölmektedir (şekil 4.28). p-kumarik asit miktarındaki değişim incelendiğinde kontrol örneklerinde 4.39 ± 0.25 mg/L olarak ölçölen miktar farklı proses parametreleri altında 3.85 ± 0.07 mg/L ile 5.51 ± 0.06 mg/L aralığında belirlenmiştir. Kumarik asit miktarlarının en yüksek oranda ölçöldüğü proses parametreleri 25-25 J ve 0-600 μ s uygulama süreleri arasında tespit edilmiştir (şekil 4.29).



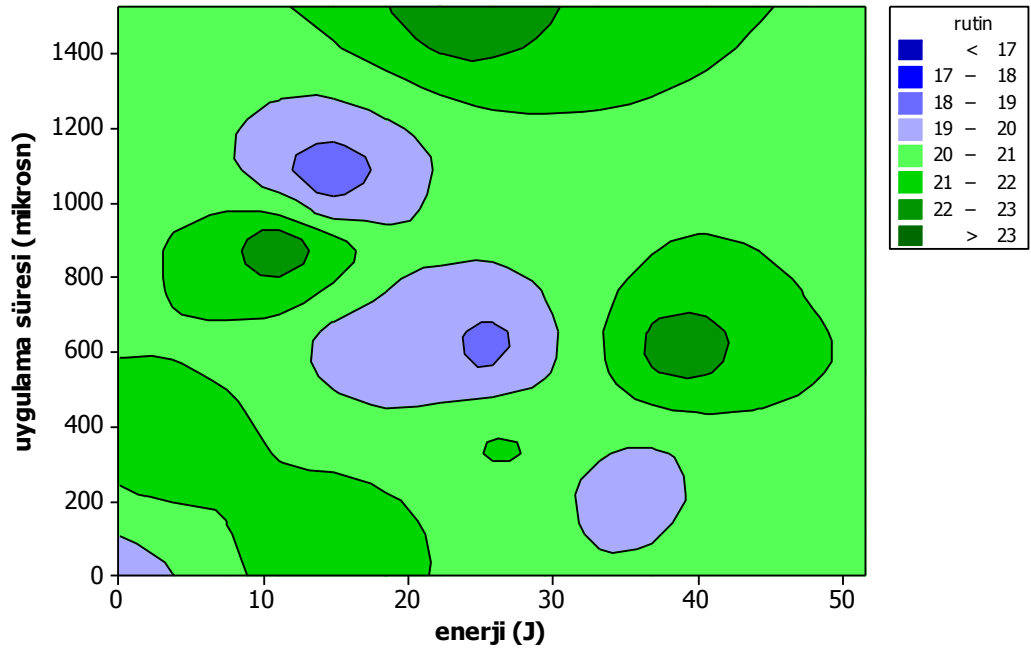
Şekil 4.29. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak p-kumarik asit (mg/L) miktarındaki değişim.

Nar suyu örneklerinin ferulik asit miktarlarına bakıldığında kontrol örneklerinde 10.35 ± 0.32 mg/L miktarında tespit edilmiştir. PEF proses parametrelerine bağlı olarak 9.56 ± 0.16 mg/L ile 19.34 ± 3.84 mg/L arasında değişim göstermiştir. Elektrik alan uygulamasının en yüksek değerlerde olduğu proses parametreleri altında dahi ferulik asit miktarında önemli derecede bir azalma meydana gelmemiştir ($p > 0.05$). En yüksek ferulik asit değerleri lokal olarak 30-40 J enerji ve 0-200 μ s uygulama süresi aralığında tespit edilmiştir (Şekil 4.30).



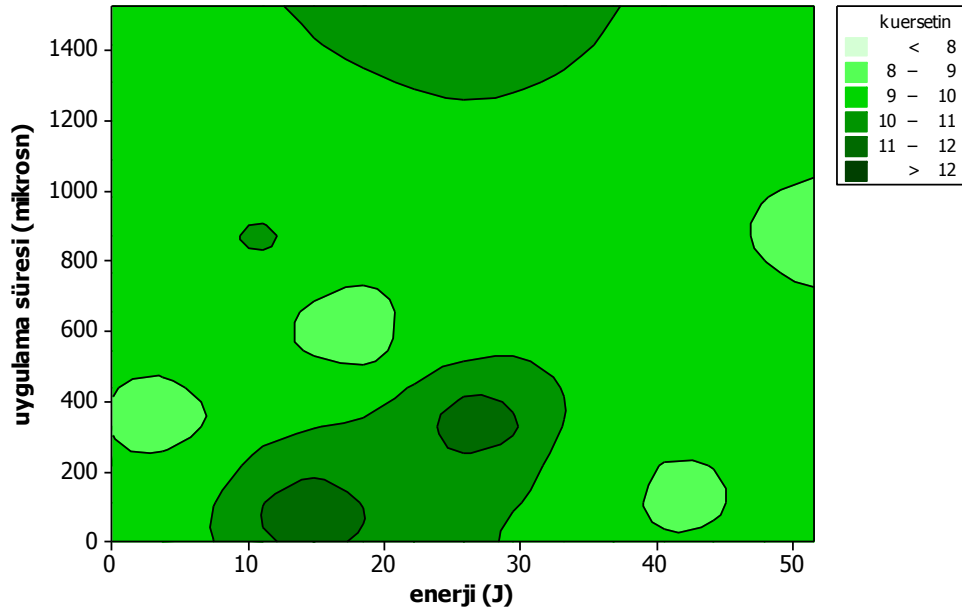
Şekil 4.30. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak ferrulik asit (mg/L) miktarındaki değişim.

Kontrol örneklerinde rutin miktarı 19.57 ± 1.25 mg/L olarak ölçülmüştür. PEF ile proses edilen nar suyu örneklerinde ise rutin miktarı 18.04 ± 0.27 mg/L ile 22.67 ± 0.20 mg/L arasında değişim göstermektedir ($p > 0.05$). Eş yükselti grafiklerinde en yüksek rutin miktarları lokal olarak 38-42 J ve 600 μ s uygulama süresi ile 10-12 J ve 800 μ s uygulama süresi ve ayrıca 20-25 J ile 1400-1500 μ s uygulama süresi aralığında tespit edilmiştir (Şekil 4.31).



Şekil 4.31. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak rutin (mg/L) miktarındaki değişim.

Kuersetin miktarlarına bakıldığında kontrol örneklerinde kuersetin miktarı 9.16 ± 0.70 mg/L olarak ölçülmüştür. PEF proses parametreleri sonrası kuersetin miktarı 8.42 ± 0.08 mg/L ile 11.66 ± 0.30 mg/L arasında değişim göstermiştir. Elde edilen ölçümlere göre kontrol ve proses edilen örnekler arasında önemli bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Eş yükselti grafiklerinde en yüksek kuersetin miktarları 8-30 J enerji değerleri ile 0-400 ve 1400-1500 μ s uygulama süresi aralığında tespit edilmiştir (Şekil 4.32).



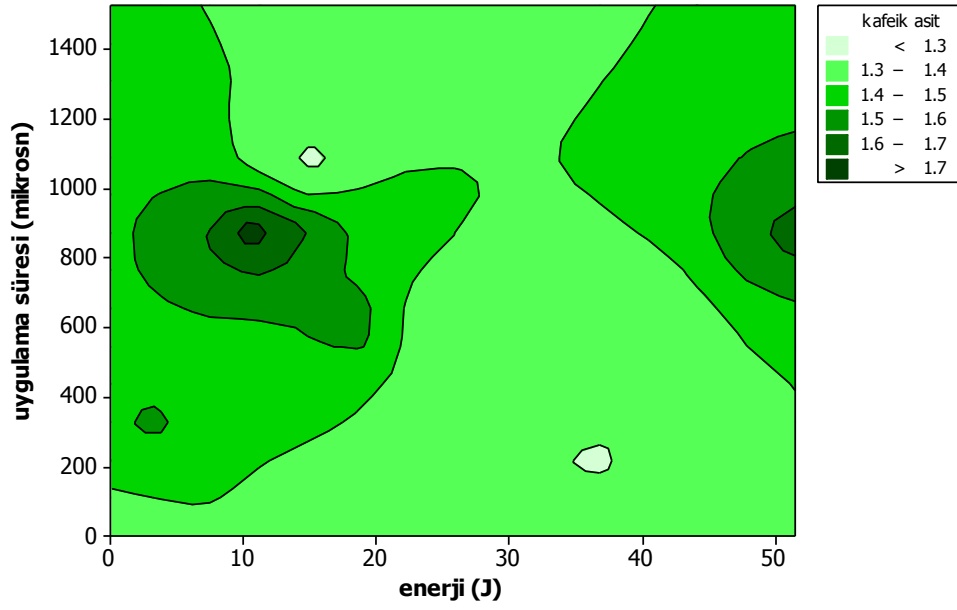
Şekil 4.32. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak kuersetin (mg/L) miktarındaki değişim.

Proses edilmeyen kontrol örneklerinde şapik asit 4.85 ± 0.84 mg/L olarak tespit edilmiştir. Farklı PEF parametreler altında şapik asit miktarı en düşük 3.32 ± 0.91 mg/L düzeyinde iken en yüksek 6.23 ± 0.02 mg/L olarak ölçülmüştür. Uygulanan farklı proses parametreleri şapik asit miktarında önemli bir değişime neden olmamıştır ($p > 0.05$). Eş yükselti grafiklerinde 5-35 J aralığındaki tüm uygulama sürelerinde şapik asit miktarı yüksek bulunmuştur (Şekil 4.33).



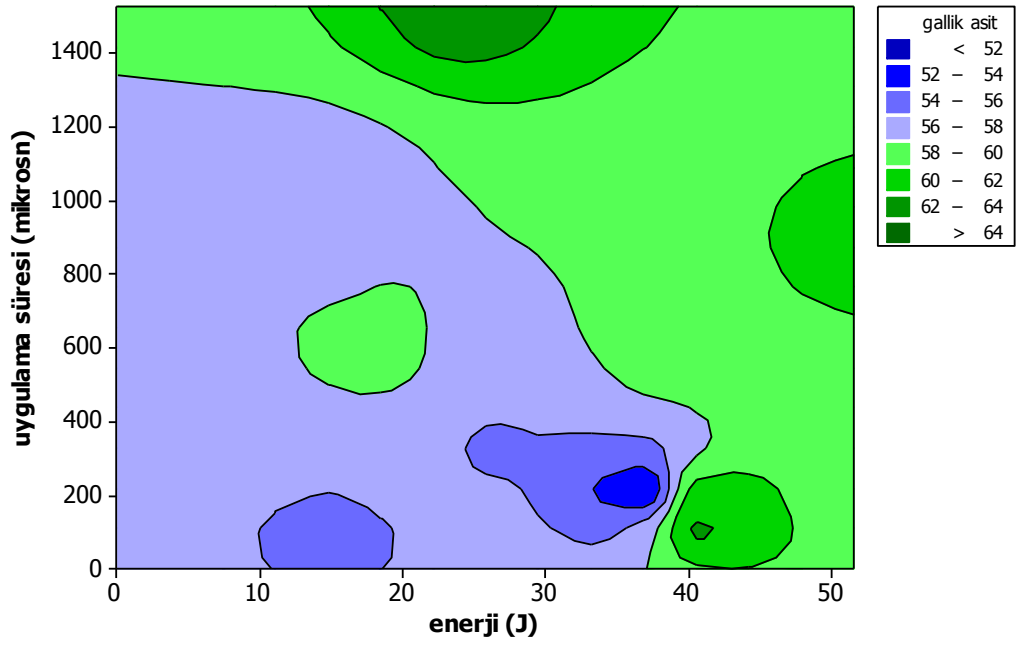
Şekil 4.33. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak shapik asit (mg/L) miktarındaki değişim.

Farklı proses parametreleri altında kafeik asit miktarındaki değişim incelendiğinde kontrol örneklerindeki kafeik asit miktarının 1.36 ± 0.007 mg/L olduğu bulunmuştur. PEF prosesi sonrasında kafeik asit miktarı 1.21 ± 0.05 ile 1.72 ± 0.02 mg/L arasında değişim göstermektedir. Kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında kafeik asit miktarındaki değişim önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$). Yüksek miktardaki kafeik asit değerleri 5-15 J ve 45-50 J enerji ve 800-100 μ s uygulama süresi aralığında tespit edilmiştir (Şekil 4.34).



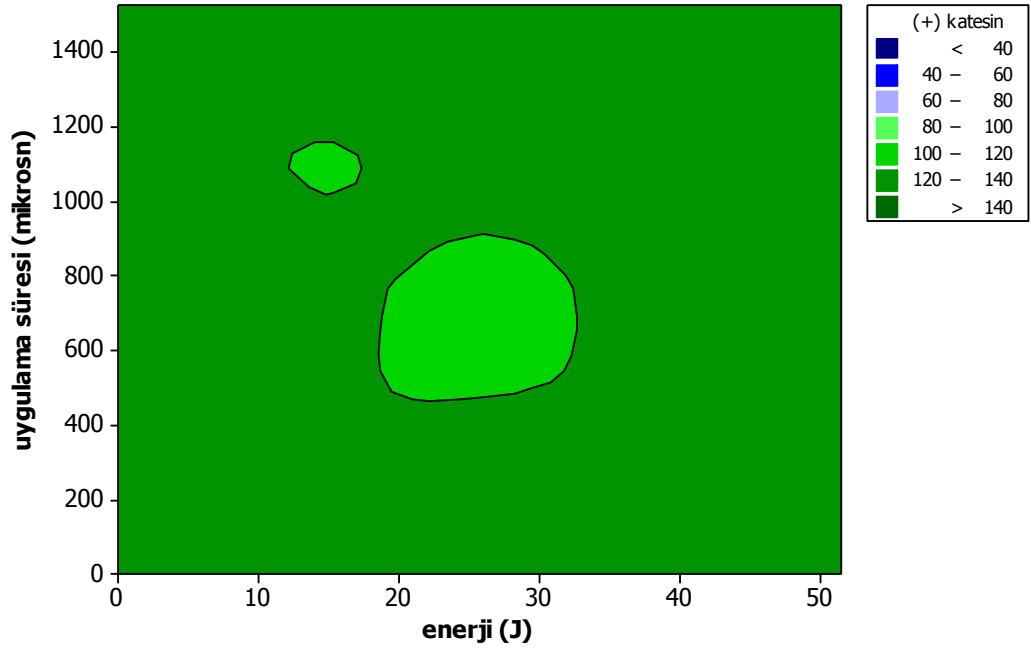
Şekil 4.34. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak kafeik asit (mg/L) miktarındaki değişim.

Kontrol örneklerinde gallikasit miktarı 57.03 ± 4.30 mg/L iken, proses edilen örneklerde gallik asit miktarı 52.12 ± 4.33 ile 63.82 ± 3.89 mg/L arasında değişmiştir. Gallik asit miktarındaki bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$). Gallik asit miktarının yüksek olduğu proses parametreleri 20-30 J enerji ve 1400-1500 μ s uygulama süresi aralığında tespit edilmiştir (Şekil 4.35).



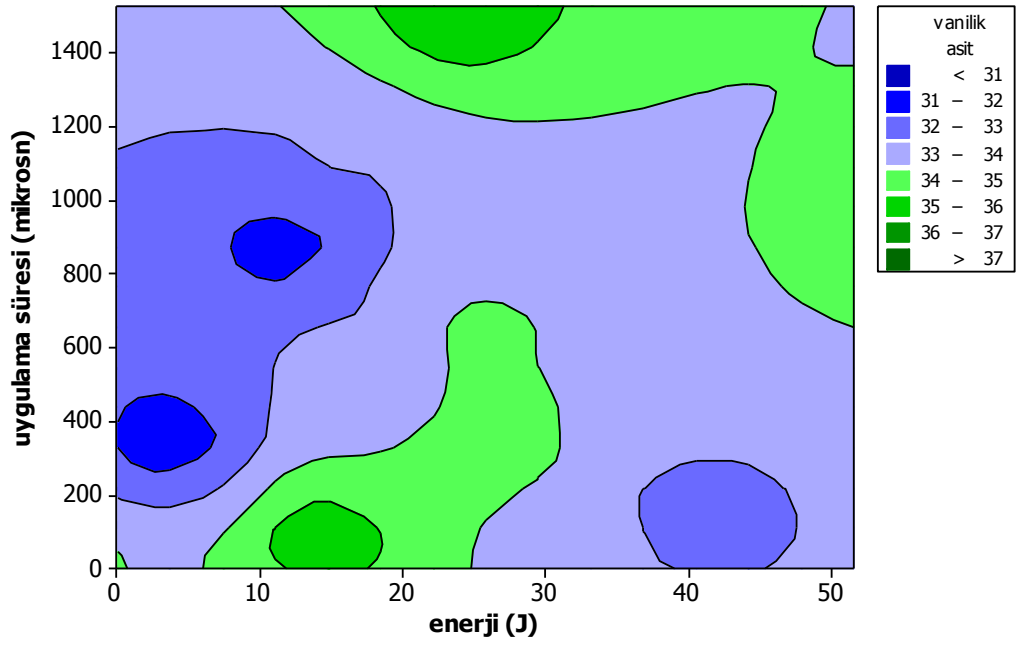
Şekil 4.35. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak gallik asit (mg/L) miktarındaki değişim.

Nar suyunda kontrol örneklerinde (+) kateşin miktarı 122.26 ± 2.41 mg/L iken proses edilen örneklerde bu miktar 74.18 ± 19.67 ile 136.64 ± 14.03 mg/L arasında değişim göstermiştir. (+) kateşin miktarındaki bu değişim ve özellikle tespit edilen düşük miktardaki (+) kateşin kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Düşük miktardaki kateşin 20-30 J enerji ve 500-800 μ s uygulama süresi aralığında tespit edilmiştir (Şekil 4.36).



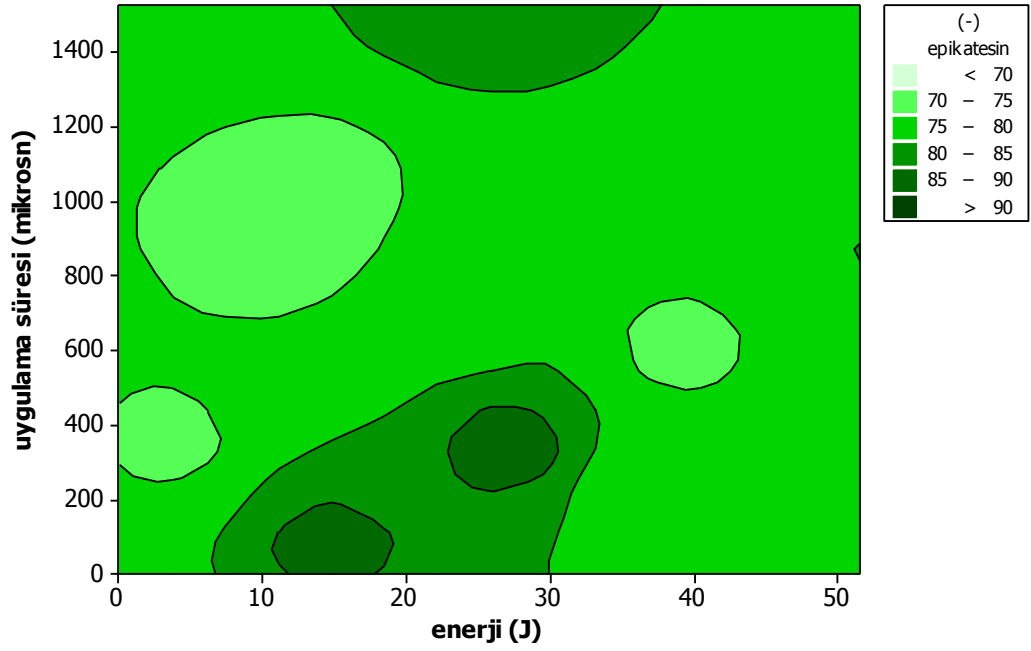
Şekil 4.36. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak (+) katesin (mg/L) miktarındaki değişim.

Vanilik asit miktarı kontrol örneklerinde 34.04 ± 1.64 mg/L miktarında iken proses parametrelerine bağlı olarak bu oran 31.38 ± 2.26 ile 35.82 ± 1.28 mg/L arasında değişim göstermiştir. Vanilik asit miktarında ölçülen en düşük ve en yüksek miktarlar kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında önemli bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Yüksek vanilik asit miktarları daha çok 20-30 J enerji ve 1400-1500 μ s uygulama süresi aralığında tespit edilmiştir (Şekil 4.37).



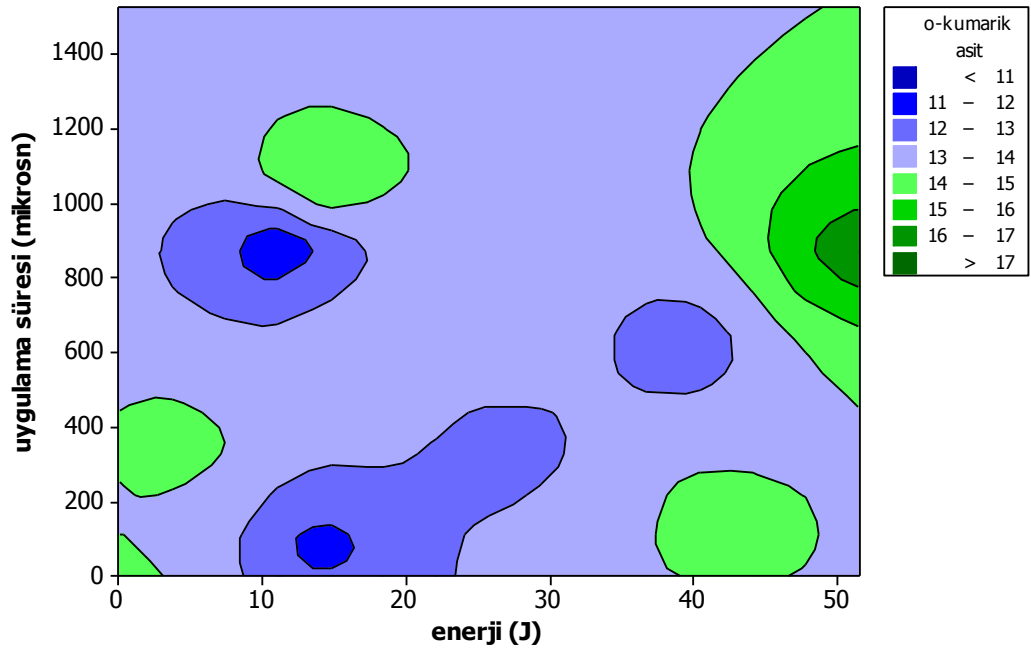
Şekil 4.37. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak vanilik asit (mg/L) miktarındaki değişim.

Kontrol örneklerinde (-) epikateşin miktarı 77.49 ± 3.52 mg/L olarak ölçülmüştür. Bu miktar proses edilen örneklerde 73.12 ± 1.32 ile 90.48 ± 0.23 mg/L arasında değişim göstermiştir. Proses edilen örneklerde tespit edilen düşük (-) epikateşin miktarı istatistiksel olarak farklı bulunmazken ($p > 0.05$); yüksek (-) epikateşin miktarı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Yüksek olarak ölçülen (-) epikateşin miktarları lokal olarak 10-20 J enerji ve 0-100 μ s uygulama süresi ile 25-30 J 200-400 μ s uygulama süresi aralığında tespit edilmiştir (Şekil 4.38).



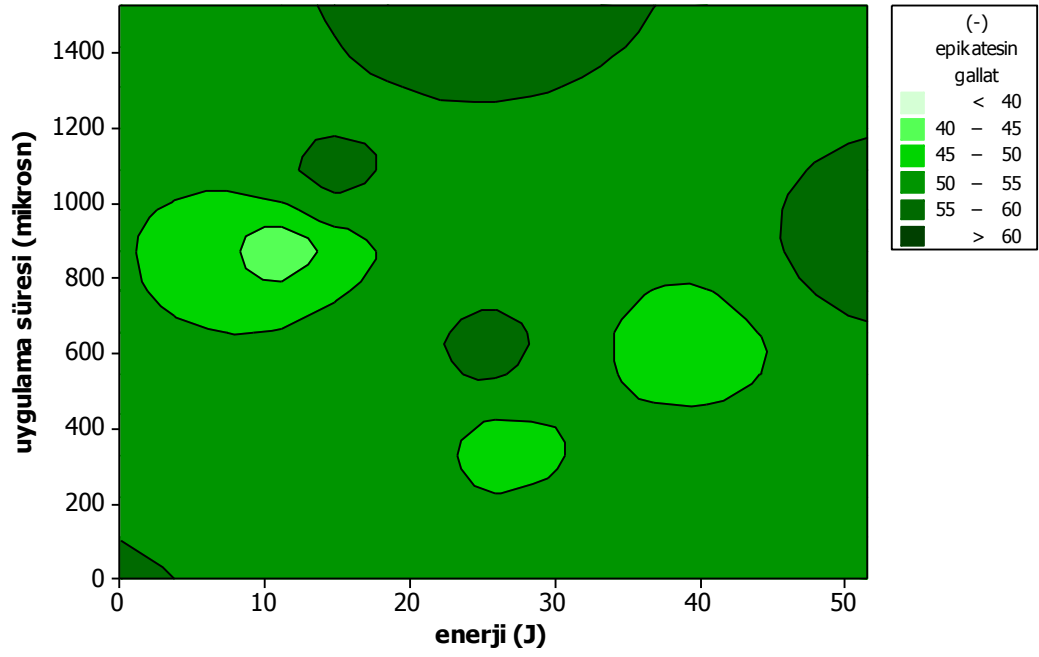
Şekil 4.38. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak (-) epikateşin (mg/L) miktarındaki değişim.

o-kumarik asit miktarı kontrol örneklerinde 14.16 ± 0.34 mg/L seviyesinde iken bu miktar proses edilen örneklerde 11.81 ± 0.54 ile 16.79 ± 0.43 mg/L aralığında değişim göstermiştir. İstatistiksel olarak kontrol örnekleri ile proses edilen örnekler arasında önemli bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Yüksek miktarda tespit edilen o-kumarik asit lokal olarak 50 J enerji ve 700-900 μ s uygulama süresi aralığında tespit edilmiştir (Şekil 4.39).

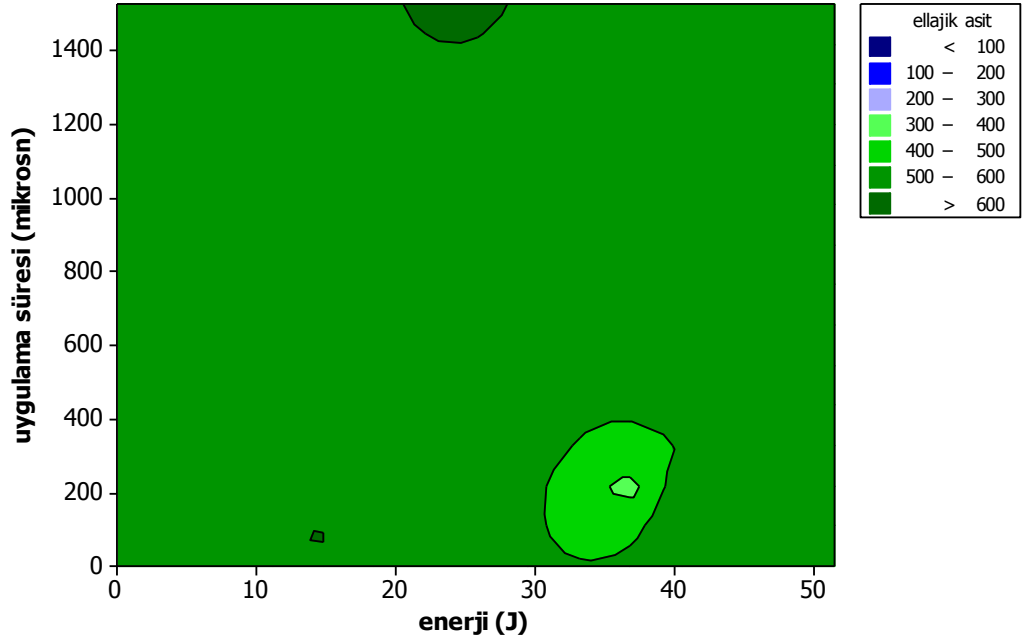


Şekil 4.39. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak o-kumarik asit (mg/L) miktarındaki değişim.

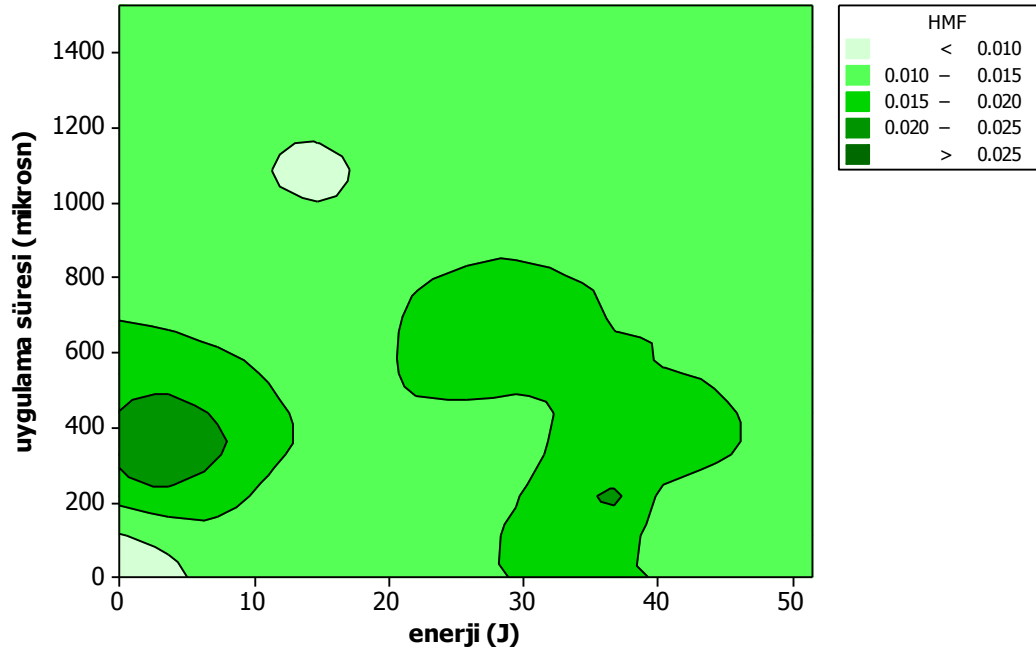
Nar sularında (-) epikateşin gallat ve ellajik asit miktarına bakıldığında kontrol örneklerinde sırasıyla her iki fenolik madde 56.24 ± 3.69 ve 540.18 ± 16.04 mg/L olarak belirlenmiştir. Farklı proses parametreleri altında (-) epikateşin gallat 41.73 ± 2.84 ile 61.05 ± 0.20 mg/L arasında değişim gösterirken; ellajik asit 499.27 ± 20 ile 609.33 ± 17.16 mg/L arasında değişmektedir. Her iki fenolik madde miktarındaki değişim ve belirlenen oranlar kontrol örnekleriyle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$). (-) epikateşin gallat miktarında en düşük seviyede tespit lokal olarak 8-12 J aralığında 800-1000 μ s uygulama sürelerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.40). Ellajik asit miktarındaki değişim çok az olmakla birlikte eş yükselti grafiklerinde 30-40 J ve 0-400 μ s uygulama sürelerinde tespit edilmiştir (Şekil 4.41).



Şekil 4.40. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak (-) epikatesin gallat (mg/L) miktarındaki değişim.



Şekil 4.41. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak ellajik asit (mg/L) miktarındaki değişim.

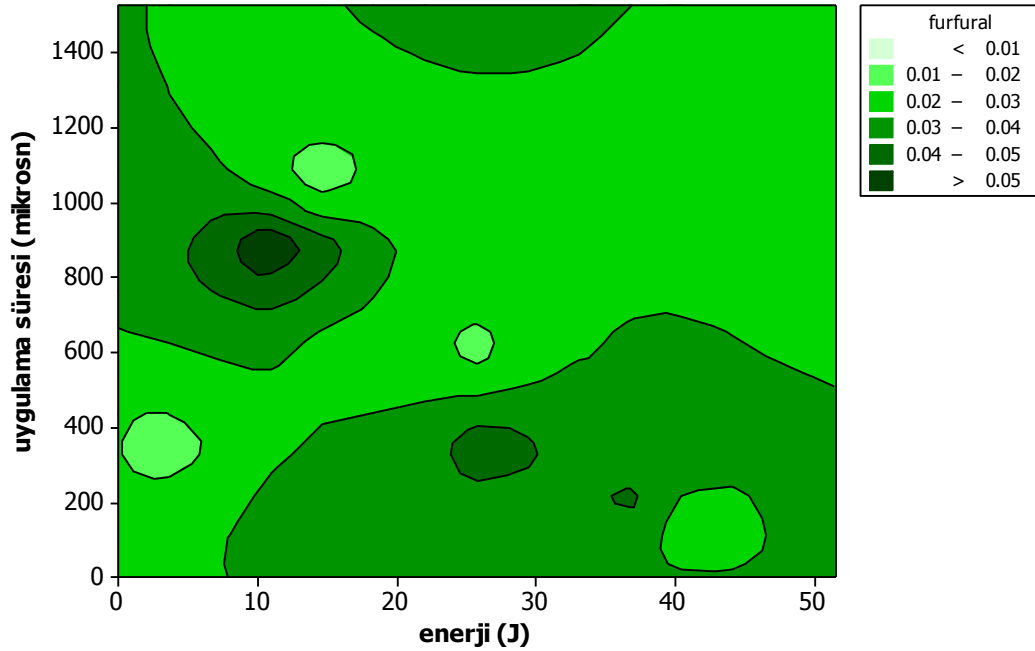


Şekil 4.42. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak hidroksi metil furfural (HMF) (ppb) miktarındaki değişim.

Kontrol örneklerindeki HMF miktarı 0.00651 ± 0.00131 ppb seviyesinde tespit edilmiştir. Proses edilen örneklerde ise HMF miktarı 0.00904 ± 0.00093 ppb ile 0.02730 ± 0.00059 ppb arasında değişim göstermiştir. Proses edilen örneklerde HMF miktarında bir artış gözlenmiştir ve bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Yüksek HMF miktarı düşük enerji (0-10 J) ve kısa uygulama uygulama süresinde (0-400 μ s) tespit edilmiştir (Şekil 4.42).

Furfural miktarındaki değişim incelendiğinde en yüksek miktarda furfural oluşumunun ya enerji miktarının yüksek yada uygulama süresinin uzun olduğu parametreler altında gerçekleşmiştir (Şekil 4.43). Proses edilen örneklerde en düşük furfural miktarı 0.008646 ± 0.00171 ppb en yüksek ise 0.041034 ± 0.00105 ppb arasında değişim göstermiştir. Kontrol örneklerinin furfural miktarı ise

0.021726±0.00477 ppb olarak tespit edilmiştir. PEF proses parametreleri furfural miktarında artışında önemli bir artışa neden olmamıştır ($p>0.05$).



Şekil 4.43. Atımlı elektrik alanı ile proses edilen nar sularında uygulama süresi ve enerji seviyesinin fonksiyonu olarak furfural (ppb) miktarındaki değişim.

Geliştirilen 41 adet en iyi uyumlu çoklu doğrusal olmayan regresyon (MNLR) modeli Çizelge 4.4’de verilmiştir ($n = 93$). MNLR modellerinde kullanılan 12 adet kestiricinin (açıklayıcı değişkenin) katsayıları; kestiricilerdeki bir birim artışa karşılık yanıt değişkenlerinde meydana gelen değişimlerin oranı ve yönünü ifade etmektedir. Düzeltilmiş belirleme katsayıları ($R^2_{\text{düz}}$) ise; en iyi uyumlu MNLR modelleri ile yanıt değişkenlerindeki değişkenliğin yüzde kaçının açıklanabileceğini göstermektedir. Altı MNLR modeli dışında tüm modeller $p \leq 0.001$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Etkileşim terimleri ile kuadratik ve kübik terimler de MNLR

modellerinin tahmin gücünü önemli derecede yükseltmiştir. Standart hata (SE) değerleri; MNLR modellerinin hata oranını ilgili yanıt değişkenlerinin ölçüm birimleri ile ifade etmektedir.

Çizelge 4.4. En iyi uyumlu çoklu regresyon (MNLR) modelleri ($n = 93$).

Yanıt değişkeni	Kesen ve açıklayıcı değişken katsayıları													$R^2_{düz}$ (%)	SE	$p =$
	Kesen	EAŞ (kV/cm)	US (μ s)	E (J)	EAŞ ²	EAŞ ³	US ²	US ³	E ²	E ³	EAŞ*US	EAŞ*E	US*E			
pH	3.3	0.56	-0.01	0.18	-0.05	0.001	0.000007	-0.000001	-0.004	0.00003	0.0003		-0.00005	52.6	0.03	0.001
°Briks (%)	14.0			-0.66	0.02		0.00001	-0.000001	0.03	-0.0003	-0.0001	-0.02		31.3	0.54	0.001
TA (%)	1.6		-0.00007								0.000007		-0.000005	26.6	0.05	0.001
İletkenlik (mS/cm)	3.8	0.05			-0.005		-0.000001	0.000001	-0.003	0.00003		0.006		19.1	0.08	0.001
Antioksidant kapasite değişimi (%)	65.7	-0.91	0.01		0.07		-0.000004		0.05	-0.0003		-0.08	-0.0001	31.6	0.98	0.001
Fenolik madde miktarı (mg/L)	0.06	0.007	-0.0002	-0.01		-0.00002	0.000001	-0.000001		-0.000001		0.0006		41.0	0.01	0.001
Antosiyanin miktarı (mg/100 mL)	3.9	-0.81	0.009	-0.53	0.10	-0.003			0.003		-0.0003	0.01	-0.0001	63.9	0.67	0.001
L	23.8	22.7	-0.46	10.4	-2.46	0.06	0.0003	-0.000001			0.01	-0.45	-0.003	9.9	6.89	0.04
a	37.8	-4.0		7.0		0.01		-0.000001	0.08		0.0007	-0.55		19.4	9.21	0.001
b	37.9	31.1	-0.7	12.6	-3.22	0.08	0.0005	-0.000001			0.02	-0.52	-0.004	7.9	11.8	0.07
Kroma	37	151	-3.51		-4.41		0.006	-0.000003						15.8	481.1	0.001
Hue	0.6	-3.55	0.06	-1.27	0.36	-0.008	-0.00004	0.000001	0.03	-0.0002	-0.002		0.0004	9.4	0.37	0.05
TRD	- 0.1	3667	-64.1	1116	-366	7.75	0.03	-0.00001	-35.4	0.26	2.28	14.4	-0.41	27.9	225.9	0.001
Delfinidin-3,5- diglukozit (mg/L)	25.3	-2.48	0.06	3.31		0.002	-0.0001	0.000001	-0.12	0.001				25.5	4.66	0.001
Siyanidin-3,5- diglukozit (mg/L)	92.3	-38.8	0.8	-8.19	3.68	-0.07	-0.0006	0.000001	0.1		-0.02		0.005	12.1	11.3	0.02
Delfinidin-3- glukozit (mg/L)	2.3	-2.32	0.01		0.21				0.12	-0.0007	0.001	-0.22	-0.001	22.3	3.31	0.001
Pelargonidin-3,5- diglukozit (mg/L)	28.5		-0.05				0.00007	-0.000001		-0.0002		0.01	0.0006	24.0	5.76	0.001
Siyanidin-3- glukozit (mg/L)	107	34.2	-0.69	15.5	-3.58	0.07	0.0004	-0.000001	-0.53	0.004	0.02	0.22	-0.002	63.8	3.68	0.001
Pelargonidin-3- glukozit (mg/L)	3.8	0.08										-0.001		2.7	1.29	0.10
Tartarik asit (mg/L)	456	118	-1.60	72.5	-13.5	0.31	0.0003		-2.20	0.01	0.05			64.4	19.5	0.001
Kuinik asit (mg/L)	1160	-192364	3601	-57731	19117	-409	-2.20	0.0006	1608	-11.4	-127	-461	22.9	21.6	13410	0.001
Okzalik asit (mg/L)	310	-1.46	-0.03										0.0009	3.7	30.0	0.09
Malik asit (mg/L)	8652	27.1	-6.93				0.009	-0.000003						20.3	773.9	0.001
Sitrik asit (mg/L)	16802						-0.01	0.000005	-1.49				0.1	10.8	2560	0.007
Suksinik asit (mg/L)	41.8			6.51		0.02	-0.00004		0.42	-0.002		-1.18	0.001	30.9	18.6	0.001

Yanıt değişkeni	Kesen ve açıklayıcı değişken katsayıları													$R^2_{\text{düz}}$ (%)	SE	$p =$
	Kesen	EAŞ (kV/cm)	US (μs)	E (J)	EAŞ ²	EAŞ ³	US ²	US ³	E ²	E ³	EAŞ*US	EAŞ*E	US*E			
Fumarik asit (mg/L)	5.1	1.03			-0.09		-0.00001	0.000001	-0.06	0.0004		0.10	0.00009	2.7	2.18	0.24
Askorbik asit (mg/L)	13.1		-0.02	-0.43		-0.004	0.00001		-0.12	0.0009		0.22		30.1	2.13	0.001
Klorojenik asit (mg/L)	6.0		-0.004				0.000007	-0.000001			0.00003			2.7	0.81	0.17
p-kumarik asit (mg/L)	4.3	7.58	-0.13	3.14	-0.8	0.01	0.00006	-0.000001	-0.08	0.0006	0.004		-0.0008	78.4	0.21	0.001
Ferrulik asit (mg/L)	10.7			2.98	-0.09	0.006	-0.00003	0.000001	0.03		0.001	-0.22	-0.0004	54.0	2.11	0.001
Rutin (mg/L)	19.6	-28.7	0.54	-10.5	2.94	-0.06	-0.0003	0.000001	0.33	-0.002	-0.02	-0.12	0.003	82.9	0.73	0.001
Kuersetin (mg/L)	9.1	-2.26	0.05		0.19	-0.003	-0.00004	0.000001			-0.002	-0.01	0.0008	80.9	0.47	0.001
Shapik asit (mg/L)	4.8	-0.34		0.89		0.001	-0.000001			0.00009		-0.05		33.0	0.95	0.001
Kafeik asit (mg/L)	1.3	-2.33	0.04	-0.7	0.23	-0.004	-0.00002	0.000001	0.01	-0.0001	-0.001	-0.006	0.0002	83.6	0.05	0.001
Gallik asit (mg/L)	57.0	-7.37	0.11	-4.80	0.82	-0.02	-0.00005	0.000001			-0.003	0.22		74.8	1.64	0.001
(+) kateşin (mg/L)	118		0.08			0.03		-0.000001	0.7	-0.004	-0.003	-1.28		28.0	18.0	0.001
Vanilik asit (mg/L)	34.0		-0.01	0.38			0.00001	-0.000001	-0.01	0.00009			0.0002	55.7	1.09	0.001
(-) epikateşin (mg/L)	77.5	42.4	-0.74	20.2	-4.56	0.09	0.0003	-0.000001	-0.68	0.005	0.02	0.18	-0.003	82.7	2.49	0.001
o-kumarik asit (mg/L)	14.2	24.3	-0.45	8.0	-2.45	0.05	0.0002	-0.000001	-0.27	0.002	0.01	0.12	-0.003	62.6	0.95	0.001
(-) epikateşin galat (mg/L)	56.2	84.7	-1.62	27.7	-8.5	0.17	0.0009	-0.000001	-1.05	0.008	0.05	0.63	-0.01	62.8	3.54	0.001
Ellajik asit (mg/L)	537	21.4			-2.59		-0.0003	0.000001	-2.83	0.02		4.11		32.9	64.3	0.001

EAŞ: Elektrik alan şiddeti; US: Uygulama süresi; E: Enerji; TRD: Toplam renk değişimi; TA: Titrasyon asitliği; SE: Standart hata; p : önem seviyesi.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Nar suyu ülkemiz açısından oldukça büyük ekonomik öneme sahip ve son yıllarda tüketimi hızla artmakta olan bir meyve suyudur. Bununla birlikte nar suyu üretiminde uygulanan ısıtma işlemi proses parametrelerine bağlı olarak nar suyunun özelliklerinde önemli miktarda değişim meydana gelmektedir. Bu değişim sonucu nar suyunun bioaktif bileşenlerinde bozulmalar ve parçalanmalar oluşmakta ve buna bağlı olarak besinsel kayıplar meydana gelmektedir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında ısıtma olmayan gıda işleme yöntemlerinden atımlı elektrik akımı (PEF) uygulamasının farklı proses parametreleriyle proses edilen nar suyu örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişim incelenmiştir.

Literatürde yapılan çalışmalarda farklı meyve suları başarılı bir şekilde PEF ile proses edilmiştir; fakat nar suyu ile yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Toplam antioksidant kapasitesi, toplam antosiyanin miktarı, toplam fenolik madde miktarı gibi temel fiziksel özellikleri tespit edilmiş genel olarak PEF uygulamasının meyve sularının bu özelliklerinde fazla değişime neden olmadığı belirtilmiştir.

Yapılan bu çalışma sonucunda PEF uygulanmış nar suyunun işlem uygulanmamış nar suyuna (kontrol) göre pH, °Briks, titrasyon asitliği ve iletkenlik değeri açısından önemli bir değişim olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$).

Bu çalışmada antosiyaninlerden delfinidin-3,5 diglukozit, siyanidin-3,5-diglukozit, delfinidin-3-glukozit, pelargonidin-3,5-diglukozit, miktarında PEF uygulanmış örneklerde kontrole göre önemli ölçüde artış görülmüştür. Proses edilen örneklerden düşük bulunan Siyanidin-3-glukozit miktarlarında kontrol örneklerine göre önemli bir fark bulunmazken yüksek Siyanidin-3-glukozit değerlerinin kontrol

örneklerine göre önemli bir artış gösterdiği tespit edilmiştir. Pelargonidin-3-glukozit miktarında ise kontrole göre önemli bir değişiklik tespit edilmemiştir.

Organik asitlerden tartarik asit, oksalik asit, malik asit, sitrik asit, suksinik asit, fumarik asit ve askorbik asit açısından PEF uygulanmış örneklerle kontrol örnekleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır. 5-15 J enerji ve 750-900 μ s uygulama sürelerinde Kuinik asit miktarı yüksek bulunmuş ve bulunan değer istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Fenolik maddelerden klorojenik asit, p-kumarik asit, ferulik asit, rutin, kuersetin, shapik asit, kafeik asit, gallik asit, vanilik asit, düşük bulunan (-) epikateşin, o-kumarik asit, (-) epikateşingallat ve ellejik asit miktarı açısından kontrol örnekleri ile proses edilen nar suları arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. 20-30 J enerji ve 500-800 μ s PEF uygulanmış örneklerde kontrole göre daha düşük (+) kateşin tespit edilmiş olup bu değişim miktarı kontrole göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 10-20 j enerji ile 0-100 μ s 25 -30 J enerji ve 200-400 μ s PEF uygulanmış örneklerde (-) epikateşin miktarı yüksek bulunmuş bu değer istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

.

HMF (Hidroksi Metil Furfural) açısından kontrol örnekleri ile proses edilen nar suları arasında önemli bir farklılık tespit edilmiştir. Enerji miktarının yüksek uygulama süresinin yüksek olduğu PEF uygulamalarından elde edilen nar sularının HMF içeriği yüksek bulunmuştur.

PEF uygulaması Furfural miktarında önemli bir artışa neden olmamıştır ($p>0.05$).

Genel olarak bakıldığında uygulanan proses parametreleri nar suyunda önemli değişime neden olmamıştır. Dolayısıyla, PEF prosesinin nar suyunun fiziksel

özelliklerinde önemli miktarda değişime neden olmadan başarılı bir şekilde uygulanabileceği görülmektedir. Bu çalışma kapsamında PEF ile proses edilen nar suyunun raf ömrü belirlenmemiştir. Bu nedenle gelecekte yapılan çalışmalarda raf ömrünün belirlenmesi faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abenoza, M., Benito, M., Saldana, G., Álvarez, I., Raso, J., Sanchez-Gimeno, A.C. 2013. Effects of pulsed electric field on yield extraction and quality of olive oil. *Food Bioprocess Technology* 6:1367–1373.
- Agcam, E., Akyıldız, A., Evrendilek, G. A. 2014. Comparison of phenolic compounds of orange juice processed by pulsed electric fields (PEF) and conventional thermal pasteurisation. *Food Chemistry* 143:354–361.
- Aguilo-Aguayo, I., Soliva-Fortuny, R., Martin-Belloso, O. 2009a. Effects of high-intensity pulsed electric fields on Lipoxygenase and Hydroperoxide Lyase activities in tomato Juice. *Journal of Food Science* 74:595–601.
- Aguilo-Aguayo, I., Soliva-Fortuny, R., Martin-Belloso, O. 2009b. Avoiding non-enzymatic browning by high-intensity pulsed electric fields in strawberry, tomato and watermelon juices. *Journal of Food Engineering* 92:37–43.
- Aguilo-Aguayo, I., Soliva-Fortuny, R., Martin-Belloso, O. 2010a. Color and viscosity of watermelon juice treated by high-intensity pulsed electric fields or heat. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11:209–305.
- Aguiló-Aguayo, I., Montero-Calderón, M., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O. 2010b. Changes on flavor compounds throughout cold storage of watermelon juice processed by high-intensity pulsed electric fields or heat. *Journal of Food Engineering* 100:43–49.
- Alper, N. 2001. Nar suyu üretimi üzerine araştırmalar. Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, 172s.
- Altuntaş, J.A., Akın, E., Evrendilek, G.A. 2008. Atımlı elektrik akımı: sistem tasarımı ve mikrobiyel inaktivasyon. *Dünya Gıda Dergisi Mart*:78–85.
- Angersbach, A., Heinz, V., Knorr, D. 2000. Effects of pulsed electric fields on cell membranes in real food systems. *Innovative Food Science and Emerging Technology* 1:135–149.
- Anonim. 2013. Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies–pulsed electric fields. fda.gov.tr.
- Anonim. 2014a. Ekonomi Bakanlığı meyve suyu sektör raporu. Erişim: http://meyed.org.tr/userfiles/file/sektor_istatistikleri/tc.
- Anonim. 2014b. Fonksiyonel gıdalar. Erişim: <http://dilekboyacioglu.com/>
- Anthon, G.E., Barret, D.M. 2003. Thermal inactivation of lipoxygenase and hydroperoxytrienoic acid lyase in tomatoes. *Food Chemistry* 81: 275–279.

Aviram, M., Dornfeld, L. 2001. Pomegranate juice consumption inhibits serum angiotensin converting enzyme activity and reduces systolic blood pressure. *Atherosclerosis* 158:195–198.

Barba, F.J., Jäger, H., Meneses, N., Esteve, M.J., Frígola, A., Knorr, D. 2012. Evaluation of quality changes of blueberry juice during refrigerated storage after high-pressure and pulsed electric fields processing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 14:18–24.

Barbosa-Canovas, G.V., Gongora-Nieto, M.M., Pothakamury, U.R., Swanson, B.G. 1999. *Preservation of foods with pulsed electric fields*. Academic Press Ltd., London.

Beattie, J.M., Lewis, F.C. 1925. The electric current (apart from the heat generated). A bacteriological agent in the sterilization of milk and other fluids. *Journal of Hygiene* 24: 123–137

Cemeroğlu, B. 1977. Nar suyu üretim teknolojisi üzerine araştırmalar. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayın No. 664–17.

Cemeroğlu, B., Velioğlu, S., Erbaş, S., Ünal, Ç., Yıldız, O. 1994. Vişne ve nar sularının kimyasal tanı değerlerinin saptanması üzerinde araştırmalar. TÜBİTAK Projesi, Proje No: TBGAG-29/A, 49 sf., Ankara.

Cemeroğlu, B. 2011. Gıda Analizleri. Nobel Yayınları Basımevi, Ankara, sf:35

Chen, Y., Yu, L.J., Rupasinghe, V.H.P. 2013. Effect of thermal and non-thermal pasteurisation on the microbial inactivation and phenolic degradation in fruit juice: a mini-review. *Journal of Science of Food and Agriculture* 93:981–986.

Coimbra, J.S.R., Teixeira, J.A. 2010. *Engineering aspects of milk and dairy products*. CRC Press.

Corrales, M., Toepfl, S., Butz, P., Knorr, D., Tauscher, B. 2008. Extraction of anthocyanins from grape by-products assisted by ultrasonics, high hydrostatic pressure or pulsed electric fields: a comparison. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 9:85–91.

Devlieghere, F., Vermeiren, L., Debevere, J. 2004. New preservation technologies: Possibilities and limitations. *International Dairy Journal*. 14: 273-285.

Donsi, F., Ferrari, G., Frullo, M., Pataro, G. 2011. Pulsed electric fields–assisted vinification. *Procedia Food Science* 1:780–785.

Dunn, J.E. 2001. Pulsed electric field processing: an overview. In G.V. Barbosa-Canovas and Q. H. Zhang (Ed.): *Pulsed Electric Fields in Food Processing: Fundamental Aspects and Applications*. Technomic Publishing Company, Inc. Lancaster, PA. pp. 1-30.

Dymek, K., Dejmek, P., Gómez Galindo, F. 2014. Influence of pulsed electric field protocols on the reversible permeabilization of rucola leaves. *Food and Bioprocess Technology* 7:761–773.

Ekşi, A., Uncu, B. 2009. Farklı açılardan nar suyu ve tanı değerleri. *Dünya Gıda* 8:78–8.

Ekşi, A., Özhamamcı, İ. 2009. Chemical composition and guide values of pomegranate juice. *Journal of Food* 34(5):265–270.

Evrendilek, G., Jin, Z.T., Ruhlman, K.T., Qiu, X., Zhang, Q.H., Richter, 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.

García, D., Gómez, N., Raso, J., Pagán, R. 2005. Bacterial resistance after pulsed electric fields depending on the treatment medium pH. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 6(4): 388-395.

Gil, M.I., Tomas-Barberan, F.A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D.M., Kader, A.A., 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 4581–4589.

Giusti, M.M., Wrolstad, R.E. 2001. Unit F1.2. Anthocyanins. Characterization and measurement with UV-visible spectroscopy. In *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. Wrolstad, R.E. and Schwartz, S.J. (eds.) 1-13

Gökmen, V., Acar, J. 1999. Simultaneous determination of 5-hydroxymethylfurfural and patulin in apple juice by reversed-phase liquid chromatography. *Journal of Chromatography A* 847: 69–74

Grahl, T., Markl, H. 1996. Killing of microorganisms by pulsed electric fields. *Applied Microbiology and Biotechnology* 45:148–157.

Grimi, N., Mamouni, F., Lebovka, N., Vorobiev, E., Vaxelaire, J. 2011. Impact of apple processing modes on extracted juice quality: pressing assisted by pulsed electric fields. *Journal of Food Engineering* 103:52–61.

Guo, M., Jin, Z.T., Geveke, J.D., Fan, X., Sites, E.J., Wang, L. 2014. Evaluation of microbial stability, bioactive compounds, physicochemical properties and consumer acceptance of pomegranate juice processed in commercial scale pulsed electric field system. *Food and Bioprocess Technology* 7(7): 2112-2120

Heinz, V., Töpfl, S., Knorr, D. 2003. Impact of temperature on lethality and efficiency of apple juice pasteurization by pulsed electric fields treatment. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 4:167–175.

Huang, K., Wang, J. 2009. Designs of pulsed electric fields treatment chambers for liquid foods pasteurization process. *Journal of Food Engineering* 95:227–239.

Humaira, W., Xuan, L., Linwei, L., Imran, A., Sajjad, A. 2013. Peel effects on phenolic composition, antioxidant activity, and making of pomegranate juice and wine. *Journal of Food Science* 78:1166–1172.

Humberto, V.M., Martin-Belloso, O., Bai-Lin, Q., Chang, F.J., Gongora-Nieto, M.M., Barbosa-Gnovas, G.V., Swanson, B.G. 2007. Non-thermal food preservation: pulsed electric fields. *Trends in Food Science and Technology* 8:151–157.

Hülshager, H., Potel, J., Niemann, E.G. 1983. Electric field effects on bacteria and yeast cells. *Radiation and Environmental Biophysics* 22:149–162.

Justesen, U., Knuthsen, P., Leth, T. 1997. Determination of plant phenols in Danish foodstuffs by HPLC-UV and LC-MS detection. *Cancer Letters*. 114: 165–167.

Kurt, H. 2013. Bir ziraat coğrafyası çalışması: Türkiye’de nar (*Punica granatum* L.) tarımı. *Marmara Coğrafya Dergisi* 27:551–574.

Lee, J., Watson, R.R. 1998. Pomegranate: a role in health promotion and AIDS. In: *Nutrition food and AIDS*. Watson, R.R., Ed. CRC Press: Boca Raton 179-192.

Liu, X. Yousef, A.E., Chism, G.W. 1997. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 by the combination of organic acids and pulsed electric fields. *Journal of Food Safety* 16: 287–299.

Luengo, E., Álvarez, I., Raso, J. 2013. Improving the pressing extraction of polyphenols of orange peel by pulsed electric fields. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 17:79–84.

Maged, E.A., Mohamed, Ayman H., Amer Eissa. 2012. Pulsed electric fields for food processing technology. In: *Structure and Function of Food Engineering*. Intech. Pp. 275–306.

Min, S., Zhang, Q.H. 2003. Effects of commercial-scale pulsed electric field processing on flavor and color of tomato juice. *Journal of Food Science* 68:1600-1606.

Mosqueda-Melgar, J., Rayhaudi-Massilia, R.M., Martín-Belloso, O. 2012. Microbiological shelf life and sensory evaluation of fruit juices treated by high-intensity pulsed electric fields and antimicrobials. *Food and Bioproducts Processing* 90:205–214.

Odriozola-Serrano, I., Aguilo-Aguayo, I., Soliva-Fortuny, R., Martin-Belloso, O. 2013. Pulsed electric fields processing effects on quality and health-related constituents of plant-based foods. *Trends in Food Science and Technology* 29:98–107.

Plaza, L., Sánchez-Moreno, C., De Ancos, B., Elez-Martínez, P., Martín-Belloso, O., Pilar Cano, M. 2011. Carotenoid and flavanone content during refrigerated storage of orange juice processed by high-pressure, pulsed electric fields and low pasteurization. *Food Science and Technology* 44:834–839.

- Pothakamury, U. R., Vega, H., Zhang, Q., Barbosa-Cánovas, G.V., Swanson, B.G. 1996. Effect of growth stage and processing temperature of the inactivation of *E. coli* by pulsed electric fields. *Journal of Food Protection* 59: 1167–1171.
- Poyrazoğlu, E., Gökmen, V., Artık, N. 2002. Organic acids and phenolic compounds in pomegranates (*Punica granatum* L.) grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis* 15:567–575.
- Qin, B.L., Zhang, Q., Barbosa-Canovas, G.V., Swanson, B.G., Petrow, P.D. 1994. Inactivation of microorganisms by pulsed electric fields with different voltage waveforms. *IEEE Transactions on Dielectric Electric Insulation* 1:1047–1057.
- Qin, B.L., Chang, F., Barbosa-Canovas, G.V., Swanson, B.G. 1995. Nonthermal inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* in apple juice using pulsed electric fields. *LWT Food Science and Technology* 28:564–568.
- Raso, J., Calderón, M.L., Góngora, M., Barbosa-Cánovas, G.V., Swanson, B.G. 1998. Inactivation of mold ascospores and conidiospores suspended in fruit juices by pulsed electric fields. *Lebensmittelwissenschaft und Technologie* 31: 668–672.
- Rastogi, N.K. 2003. Application of high-intensity pulsed electrical fields in food processing. *Food Reviews International* 19:229–251.
- Ratanatriwong, P., Jin, Z.T., Evrendilek, G.A., Yoem, H.W., 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.
- Riener, J., Noci, F., Cronin, D.A., Morgan, D.J., Lyng, J.G. 2008. Combined effect of temperature and pulsed electric fields on apple juice peroxidase and polyphenoloxidase inactivation. *Food Chemistry* 109:402–407.
- Ruhlman, K.T., Jin, Z.T., Zhang, Q.H. 2001. Physical properties of liquid foods for pulsed electric field treatment. In: *Pulsed electric field in food processing: fundamental aspect and applications*, Barbosa-Canovas, G.V., Zhang, Q.H. (Eds.). Technomic Publishing Company Inc., Lancaster, PA. Pp.45–46.
- Santra, S.T., Wang, P.C., Tseng, F.G. 2013. Electroporation based drug delivery and its applications. *Advances in Micro/Nano Electromechanical Systems and Fabrication Technologies* 3:61–92.
- Seeram, N. P., Aviram, M., Zhang, Y., Henning, S. M., Feng, L., Dreher, M., Heber, D., 2008. Comparison of antioxidant potency of commonly consumed polyphenol-rich beverages in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 1415–1422.

- Shi, J., Ho, C., Shahidi, F. 2005. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. *Asian Functional Foods*. CRC Press, USA. ss. 325-326.
- Singh, R., Kumar, A. 2011. Pulsed electric fields, processing and application in food industry. *European Journal of Food Research & Review* 1:71–93.
- Smith, K., Mittal, G.S., Griffiths, M.W. 2002. Pasteurization of milk using pulsed electrical field and antimicrobials. *Journal of Food Science* 67:2304–2308.
- Soliva-Fortuny, R., Balasa, A., Knorr, D., Belloso, O.M. 2009. Effects of pulsed electric fields on bioactive compounds in foods. *Trends in Food Science & Technology* 20: 544-556.
- Sturm, K., Koron, D. and Stampar, F. 2003. The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage. *Food Chemistry* 83:417-422
- Timmermans, R.A.H., Nierop Groot, M.N., Nederhoff, A.L., Van Boekel, M.A.J.S., Matser, A.M., Mastwijk, H.C. 2014. Pulsed electric field processing of different fruit juices: Impact of pH and temperature on inactivation of spoilage and pathogenic micro-organisms. *International Journal of Food Microbiology* 173:105–111.
- Töpfl, S. 2006. Pulsed electric fields (PEF) for permeabilization of cell membranes in food–and bioprocessing–applications, process and equipment design and cost analysis. Doktora Tezi, Technischen Üniversitesi, Berlin.
- Turfan, Ö. 2008. Nar suyu konsantresi üretim ve depolama sürecinde antosiyaninlerdeki değişimler. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Turfan, Ö., Türkyılmaz, M., Yemişçi, O., Özkan, M. 2011. Anthocyanin and colour changes during processing of pomegranate (*Punica granatum* L., cv. Hicaznar) juice from sacs and whole fruit. *Food Chemistry* 129:1644–1651.
- Tzulker, R., Glazer, I., Bar-ilan, I., Holland, D., Aviram, M., Amir, R. 2007. Antioxidant activity, polyphenol content, and related compounds in different fruit juices and homogenates prepared from 29 different pomegranate accessions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55:9559–9570.
- USDA. 2014. National nutrient database for standard reference release 26. Erişim: 14.03.2014.
- Ünal, Ç., Velioğlu, S., Cemeroğlu, B. 1995. Türk nar sularının bileşim öğeleri. *Gıda* 20(6):339–345.
- Vardin, H., Fenercioğlu, H. 2003. Study on the development of pomegranate juice processing technology. *Nahrung/Food* 47:300–303.

- Vega-Mercado, H., Martin-Belloso, O., Chang, F.J., Barbosa-Cánovas, G.V., 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* 20:501–510.
- Vega-Mercado, H., Pothakamury, U.R., Chang, F.J., Barbosa-Cánovas, G.V., Swanson, B.G. 1996b. Inactivation of *Escherichia coli* by combining pH, ionic strength and pulsed electric fields hurdles. *Food Research International* 29:117–121.
- Wesierska, E., Trziszka, T. 2007. Evaluation of the use of pulsed electrical field as a factor with antimicrobial activity. *Journal of Food Engineering* 78:1320–1325.
- Wouters, P. C., Alvarez, I., Rasob, J. 2001. Critical factors determining inactivation kinetics by pulsed electric field food processing. *Trends in Food Science & Technology* 12:112–121.
- Yeom, H. W., Evrendilek, G. A., Jin, Z. T., Zhang Q. H. 2004. Processing of yogurt-based products with pulsed electric fields: microbial, sensory and physical evaluations. *Journal of Food Processing Preservation* 28:161–178.
- Yiannis, P., Marios, H., Shahid, K., Abhay, R. 2013. Complementary and alternative medicine (CAM) in prostate and bladder cancer. *BJU International* 112:1073–1079.
- Zappala, M., Fallico, B., Arena, E., Verzera, A. 2006. Methods for the Determination of HMF in Honey: A Comparison. *Food Control* 16:273–277.
- Zimmerman, U., 1986. Electric breakdown, electroporabilization and electrofusion. *Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology* 105: 175–256.
- Zhang, Q.H., Chang, F.J., Barbosa-Canovas, G.V. 1994. Inactivation of microorganisms in a semisolid model food using high voltage pulsed electric fields. *LWT-Food Science and Technology* 27:538–543.
- Zhang, Q. H., Barbosa-Cánovas, G. V., Swanson, B. G. 1995. Engineering aspects of pulsed electric field pasteurization. *Journal of Food Engineering* 25:261–281.
- Zhang, Y., Gao, B., Zhang, M., Shi, J., Xu, Y. 2010. Pulsed electric field processing effects on physicochemical properties, flavor compounds and microorganisms of longan juice. *Journal of Food Processing and Preservation* 34:1121–1138.