

T.C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ALTERNATİF TEKNOLOJİLERİN HAVUÇ YÜZEYİNİN
DEZENFEKSİYONU VE KALİTE PARAMETRELERİ
ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PINAR ÖZDEMİR

BOLU, TEMMUZ - 2017

T.C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



ALTERNATİF TEKNOLOJİLERİN HAVUÇ YÜZEYİNİN
DEZENFEKSİYONU VE KALİTE PARAMETRELERİ
ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PINAR ÖZDEMİR

BOLU, TEMMUZ - 2017

KABUL VE ONAY SAYFASI

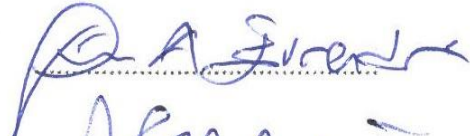
Pınar ÖZDEMİR tarafından hazırlanan “**ALTERNATİF TEKNOLOJİLERİN HAVUÇ YÜZEYİNİN DEZENFEKSİYONU VE KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ**” adlı tez çalışması Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 10.07.2017 tarihinde Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Danışman
Prof. Dr. Gülsün AKDEMİR EVRENDİLEK
Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Üye
Doç. Dr. Arzu Çağrı MEHMETOĞLU
Sakarya Üniversitesi

Üye
Yrd. Doç. Dr. Ahmet YAMAN
Abant İzzet Baysal Üniversitesi

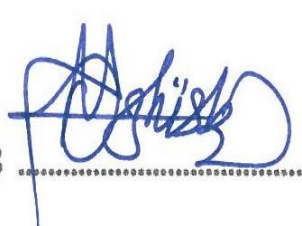
İmza





10.07.2017

Prof. Dr. Duran KARAKAŞ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü  V.

ÖZET

**ALTERNATİF TEKNOLOJİLERİN HAVUÇ YÜZEYİNİN
DEZENFEKSİYONU VE KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
PINAR ÖZDEMİR
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. GÜLSÜN AKDEMİR EVRENDİLEK)**

BOLU, TEMMUZ - 2017

Tüketime hazır sunulan ürünler herhangi bir şekilde proses edilmedikleri için hızla bozulmaktadırlar. Özellikle havuç gibi toprak kökenli ürünlerde bulunan kalıntılar, makro ve mikro kirlilik unsurları ürünün hızla bozulmasına neden olmaktadır. Bu sebeple bu ürünlerin tüketiciye taze ve güvenli bir şekilde ulaştırılması büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında ozon (O) (O1; 33.6 g/m³ konsantrasyon 5 dak uygulama süresi, O2; 101 g/m³ konsantrasyon 15 dak uygulama süresi), ultrasonikasyon (US) (US1; 35 kHz, 5 dak uygulama süresi, US2; 35 kHz, 15 dak uygulama süresi), yüksek hidrostatik basınç (HHP) (HHP1; 250 MPa 5 dak uygulama süresi, HHP2; 350 MPa 5 dak uygulama süresi, HHP3; 450 MPa 5 dak uygulama süresi) ve elektrodialize su (ES) (E1; pH 8.5, 15 dak, E2; pH 10, 15 dak) uygulamalarının havuç örneklerinin yüzey dezenfeksiyonu, inoküle edilen mikroorganizmalar, doğal mikrofloranın inaktivasyonu ve havuçların önemli kalite kriterlerinde değişim olup olmadığı test edilmiştir. Bu amaçla proses edilen örneklerde pH, kondaktivite, titrasyon asitliği (%), °Briks, renk (L*, a* ve b*), hue, kroma, toplam renk değişimi, toplam antioksidant kapasite, toplam fenolik madde, toplam karotenoid, toplam beta karoten, toplam askorbik asit, fenolik bileşenler, organik asitler ve havucun tekstürel özelliklerindeki değişim incelenmiştir. Yapılan uygulamaların mikrobiyel inaktivasyon üzerine etkinliğinin belirlenmesi için toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB), toplam maya küf (TMK), toplam koliform bakteri (TKB) ve inoküle edilen *Salmonella* Typhimurium ve *Escherichia coli* O157:H7 sayısındaki azalma tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yüksek basınç uygulamaları TMAB sayısında 5.77 log kob/mL lik düşüş ile önemli azalma sağlarken, başlangıç TMK ve TKB sayısının tamamını inaktive etmiştir. *E.coli* O157:H7 inaktivasyonunda en etkili uygulamalar O ve HHP grupları olmuştur. *S. Typhimurium*'a karşı en etkili inaktivasyon HPP3 (450 MPa 5 dak) grubunda gözlenmiştir. Genel olarak mikrobiyel inaktivasyonda US ve ES etkisinin zayıf olduğu görülmüştür. Kalite analiz sonuçlarına baktığımızda ise pH, °Briks, kondaktivite, titrasyon asitliği ve toplam fenolik madde miktarlarında önemli değişim gözlenmezken ($p > 0.05$); karotenoid miktarının düşmesi sebebiyle renkte açılmalar gözlenmiştir ($p < 0.05$). Organik asit miktarlarında çeşitli azalmalar görülmekle birlikte; askorbik asit miktarında en iyi koruyucu etkiyi HHP grupları göstermiştir. Yapılan uygulamalar havuç örneklerinin tekstürel özelliklerinde genel olarak önemli bir değişime neden olmamıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Havuç, Ozon, Elektrodialize su, Yüksek hidrostatik basınç, Ultrasonikasyon, Mikrobiyel inaktivasyon, Kalite parametreleri

ABSTRACT

EFFECTS OF ALTERNATIVE TECHNOLOGIES ON DISINFECTION OF CARROT SURFACE AND QUALITY PARAMETERS

MSC THESIS

PINAR ÖZDEMİR

ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF
NATURAL AND APPLIED SCIENCES

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. GÜLSÜN AKDEMİR EVRENDİLEK)

BOLU, JULY 2017

Ready to eat products are spoiled very fast because they are not processed in any preservation method that inactivates spoilage microorganisms. Residues as well as micro and macro contaminants cause deterioration of soil originated products such as carrot. Therefore, it is important to process these products without losing their quality properties with microbial safety. Applications of ozone (O) (O1; 33.6 g/m³, 5 min and O2; 101 g/m³, 15 min), ultrasonication (US) (US1; 35 kHz, 5 min and US2; 35 kHz, 15 min), high hydrostatic pressure (HHP) (HHP1; 250 MPa, 5 min, HPP2; 350 MPa, 5 min and HPP3; 450 MPa, 5 min) and electrodyalized water (EW) (EW1; pH 8.5, 15 min and EW2; pH 10, 15 min) for surface disinfection of carrots and the changes on the important quality parameters as well as inactivation of endogenous and inoculated microorganisms after the processes were determined in the study. pH, conductivity, titratable acidity (%), °Brix, color (L*, a* and b*), hue, chroma, total color difference, total antioxidant capacity, total phenolic content, total carotenoid, total beta carotene, total ascorbic acid, individual phenolic components, organic acids and changes in textural properties of carrots were determined. In order to determine the effects of the treatments on microbial reduction, total aerobic mesophilic bacteria count (TMAB), total mold and yeast count (TMY) and total coliform bacteria count (TCB), in addition to inactivation on inoculated *Salmonella* Typhimurium and *Escherichia coli* O157:H7 were conducted. According to the results, the HHP groups provided a significant decrease of 5.77 log kob/mL in TMAB, whereas the initial total mold and yeast (TMY) and total coliform (TCB) were completely inactivated. The most effective applications for *E. coli* O157:H7 inactivation were O and HHP groups. The most effective inactivation was observed at HPP3 (450 MPa for 5 min) on *S. Typhimurium* count. In general, microbial inactivation provided by US and EW were less than that of both O and HHP. Significant difference of color parameters was observed due to decrease on carotenoid content; while pH, °Brix, conductivity, titration acidity, total phenolic content were not significantly changed ($p > 0.05$). HHP groups presented the best protective effect on the amount of ascorbic acid, although there were various reductions in the amount of organic acids. On the other hand, no important changes were detected on the textural properties of carrot samples by applied treatments.

KEYWORDS: Carrot, Ozone, Electrodyalized water, High hydrostatic pressure, Ultrasonication, Microbial inactivation, Quality parameters

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiv
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xv
TEŞEKKÜR	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1 Havuç ile İlgili Genel Bilgiler	4
2.2 Havuçta Oluşabilecek Mikrobiyel Riskler	5
2.3 Kullanılan Alternatif Teknolojiler	5
2.3.1 Ozon.....	5
2.3.1.1 Ozon Üretimi.....	7
2.3.1.2 Ozonun Mikrobiyel İnaktivasyon Mekanizması	8
2.3.1.3 Gıdalarda Ozon ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar	9
2.3.2 Ultrasonikasyon	11
2.3.2.1 Ultrasonikasyonun Mikrobiyel İnaktivasyon Mekanizması	11
2.3.2.2 Gıdalarda Ultrasonikasyon ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar ..	12
2.3.3 Elektrodiyalize Su	12
2.3.3.1 Elektrodiyalize Su Üretimi.....	13
2.3.3.2 Elektrodiyalize Su ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar	14
2.3.4 Yüksek Hidrostatik Basınç	14
2.3.4.1 Yüksek Hidrostatik Basınç Sisteminin Çalışma Mekanizması.....	15
2.3.4.2 Yüksek Hidrostatik Basınç Sisteminin İnaktivasyon Mekanizması	15
2.3.4.3 Gıdalarda Yüksek Hidrostatik Basınç ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM	17
3.1 Materyal.....	17
3.1.1 Havuç	17
3.1.2 Bakteri Kültürleri	17
3.1.3 Ultrasonikasyon Cihazı	17
3.1.4 Ozon Jenaratörü	18
3.1.5 Elektrodiyalize Su Cihazı	18
3.1.6 Yüksek Basınç Cihazı	19
3.2 Yöntem	19
3.2.1 Havuç	20

3.2.2	Uygulamalar.....	20
3.2.2.1	Ozon Uygulaması.....	20
3.2.2.2	Ultrasonikasyon Uygulaması	20
3.2.2.3	Elektrodiyalize Su Uygulaması.....	20
3.2.2.4	Yüksek Basınç Uygulaması	20
3.2.3	Fiziksel ve Kimyasal Analizler.....	21
3.2.3.1	Renk Tayini.....	21
3.2.3.2	pH Tayini	21
3.2.3.3	Suda Çözünen Toplam Kuru Madde Tayini	21
3.2.3.4	Kondaktivite (İletkenlik) Tayini	21
3.2.3.5	Titrasyon Asitliği	22
3.2.3.6	Toplam Antioksidan Kapasitesi Tayini.....	22
3.2.3.7	Toplam Fenolik Madde Tayini.....	23
3.2.3.8	Toplam Karotenoid Tayini	24
3.2.3.9	Askorbik Asit (C vitamini) Tayini	24
3.2.3.10	Karotenoid Bileşenler Tayini	26
3.2.3.11	Fenolik Bileşenlerin Tayini.....	27
3.2.3.12	Organik Asitlerin Tayini	29
3.2.4	Mikrobiyolojik Analizler	31
3.2.5	Tekstür Analizi	31
3.2.5.1	Tekstür Profil Analizi (TPA)	31
3.2.5.2	Kesme Testi.....	32
3.2.6	Verilerin İstatistiksel Analizi	32
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA	33
4.1	Ozon, Ultrasonikasyon, Elektrodiyalize Su ve Yüksek Basınç Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi	33
4.2	Ozon, Ultrasonikasyon, Elektrodiyalize Su ve Yüksek Basınç Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Mikrobiyel Özellikleri Üzerine Etkisi..	56
4.3	Ozon, Ultrasonikasyon, Elektrodiyalize Su ve Yüksek Basınç Uygulamalarının Havucun Tekstürel Özellikleri Üzerine Etkisi	61
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	64
6.	KAYNAKLAR.....	68
7.	EKLER.....	76
EK A1	Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin pH Değerleri	77
EK A2	Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Suda Çözünen.....	78
EK A3	Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Kondaktivite.....	79
EK A4	Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Titrasyon Asitliği... Değerleri Üzerine Etkisi	80
EK A5	Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin L*, a*, b*..... Değerleri Üzerine Etkisi	81
EK A6	Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Kroma (C*)..... Değerleri Üzerine Etkisi	82

EK A7 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Hue (h°)	83
Değerleri Üzerine Etkisi	
EK A8 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Toplam Renk	84
Değişimi (ΔE) Değerleri Üzerine Etkisi	
EK A9 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Esmerleşme	85
İndeksi Değerleri Üzerine Etkisi	
EK A10 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Toplam	86
Antioksidan Kapasite (%) Değerleri Üzerine Etkisi	
EK A11 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Toplam Fenolik ..	87
Madde Değerleri Üzerine Etkisi	
EK A12 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Toplam	88
Karotenoid Miktarı Üzerine Etkisi	
EK A13 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Tartarik Asit	89
Miktarı Üzerine Etkisi	
EK A14 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Malik Asit	90
Miktarı Üzerine Etkisi	
EK A15 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Sitrik Asit	91
Miktarı Üzerine Etkisi	
EK A16 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Süksinik Asit	92
Miktarı Üzerine Etkisi	
EK A17 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Fumarik Asit	93
Miktarı Üzerine Etkisi	
EK A18 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Askorbik Asit	94
Miktarı Üzerine Etkisi	
EK A19 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Gallik Asit	95
Miktarı Üzerine Etkisi	
EK A20 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin (+) Katesin	96
Miktarı Üzerine Etkisi	
EK A21 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin (-) Epikatesin	97
Miktarı Üzerine Etkisi	
EK A22 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Kafeik Asit	98
Miktarı Üzerine Etkisi	
EK A23 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Klorojenik Asit ..	99
Miktarı Üzerine Etkisi	
EK A24 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Para-Kumarik ...	100
Asit Miktarı Üzerine Etkisi	
EK A25 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Alfa Karoten	101
Miktarı Üzerine Etkisi	
EK A26 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Beta Karoten	102
Miktarı Üzerine Etkisi	
EK A27 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Toplam Bakteri ..	103
Sayısı Üzerine Etkisi	
EK A28 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Toplam Maya	104
Küf Sayısı Üzerine Etkisi	
EK A29 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Toplam	105
Koliform Sayısı Üzerine Etkisi	
EK A30 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Toplam	106
<i>E. coli</i> O157:H7 Sayısı Üzerine Etkisi	
EK A31 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Toplam	107
<i>S. Typhimirium</i> Sayısı Üzerine Etkisi	

EK A32 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Sertlik (N)	
Değeri Üzerine Etkisi	108
EK A33 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Kesme (N s)	
Değeri Üzerine Etkisi..	109
8. ÖZGEÇMİŞ.....	110



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1.	Ozon molekülünün rezonans yapıları (Rice vd., 1978).....	6
Şekil 2.2.	Korona deşarj ozon jenaratörünün şematik diyagramı (Rice vd., 1981).....	8
Şekil 2.3.	Elektrodiyalize suyun üretim şeması (Huang vd., 2008)	13
Şekil 2.4.	Yüksek hidrostatik basınç sisteminin (HHP) şematik görünümü (Hinrichs vd., 1996)	15
Şekil 3.1.	Ultrasonikasyon cihazı	17
Şekil 3.2.	Ozon jenaratörü	18
Şekil 3.3.	Elektrodiyalize su cihazı	18
Şekil 3.4.	Yüksek basınç cihazı.....	19
Şekil 3.5.	Elektrodiyalize su uygulanmış örnekler.....	20
Şekil 3.6.	Gallik asit kalibrasyon eğrisi	24
Şekil 3.7.	Fenolik bileşenlerin ekstraksiyon yöntemi.....	28
Şekil 4.1.	Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin pH değeri üzerine etkisi.	33
Şekil 4.2.	Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin °Briks değeri üzerine etkisi	34
Şekil 4.3.	Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin kondaktivite değeri üzerine etkisi	35
Şekil 4.4.	Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin titrasyon asitliği değeri üzerine etkisi.	36
Şekil 4.5.	Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin L*, a*, b* değerleri üzerine etkisi.	37
Şekil 4.6.	Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin kroma (C*) değerleri üzerine etkisi.	38
Şekil 4.7.	Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin hue (h°) değerleri üzerine etkisi.	39
Şekil 4.8.	Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin toplam renk değişimi (ΔE) değerleri üzerine etkisi.	40
Şekil 4.9.	Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin esmerleşme indeksi değerleri üzerine etkisi.	41
Şekil 4.10.	Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin toplam antioksidan kapasite değerleri (%) üzerine etkisi.	42
Şekil 4.11.	Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin toplam fenolik madde miktarı (mg/mL) üzerine etkisi.	43

Şekil 4.12. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin toplam karotenoid miktarı (mg/mL) üzerine etkisi.	44
Şekil 4.13. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin tartarik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.	44
Şekil 4.14. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin malik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.	46
Şekil 4.15. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin sitrik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.	46
Şekil 4.16. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin süksinik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.	47
Şekil 4.17. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin fumarik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.	48
Şekil 4.18. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin askorbik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.	49
Şekil 4.19. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin gallik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.	50
Şekil 4.20. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin (+) katesin miktarı (mg/L) üzerine etkisi.	51
Şekil 4.21. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin (-) epikatesin miktarı (mg/L) üzerine etkisi.	51
Şekil 4.22. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin kafeik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.	52
Şekil 4.23. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin klorojenik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.	53
Şekil 4.24. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin para-kumarik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.	54
Şekil 4.25. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin alfa karoten miktarı (mg/L) üzerine etkisi.	54
Şekil 4.26. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin beta karoten miktarı (mg/L) üzerine etkisi.	55
Şekil 4.27. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı (log kob/mL) üzerine etkisi.....	56

Şekil 4.28. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin toplam maya küf sayısı (log kob/mL) üzerine etkisi	57
Şekil 4.29. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin toplam koliform sayısı (log kob/mL) üzerine etkisi	58
Şekil 4.30. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin toplam <i>E. coli</i> O157:H7 sayısı (log kob/mL) üzerine etkisi	59
Şekil 4.31. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin toplam <i>S. Typhimurium</i> sayısı (log kob/mL) üzerine etkisi	60
Şekil 4.32. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin sertliği üzerine etkisi	61
Şekil 4.33. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin kesme işi üzerine etkisi	62

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Saf ozonun major fiziksel özellikleri	7
Çizelge 2.2. Oksidasyon ajanları ve potansiyelleri.....	7
Çizelge 3.1. Karotenoidler için uygulanan elüsyon profili	27
Çizelge 3.2. Fenolik bileşenler için mobil faz gradient programı	28
Çizelge 4.1. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodialize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin mikrobiyel özellikleri üzerine etkisi.....	67



KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

ΔE	: Toplam renk farkı
$^{\circ}C$	: Derece Celcius
Atm	: Atmosfer
BHT	: Butil hidroksi toluen
C*	: Chroma değeri
dak	: Dakika
DNA	: Deoksiribo nükleik asit
ES	: Elektrodialize su
FDA	: Food and Drug Administration (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi)
g	: Gram
GRAS	: Genel olarak güvenli
h°	: Hue değeri
HPLC	: Yüksek Performans Sıvı Kromatografi
HHP	: Yüksek Hidrostatik Basınç
K	: Kontrol
kHz	: Kilohertz
L	: Litre
MHz	: Megahertz
mL	: Mililitre
nm	: Nanometre
rpm	: Dakikada devir sayısı
s	: Saniye
SF	: Seyreltme faktörü
TMAB	: Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri
TMK	: Toplam Maya Küf
TRD	: Toplam Renk Değişimi
US	: Ultrasonikasyon
UV	: Ultraviyole

TEŞEKKÜR

Tez konusu seçimimde yardımcı olan araştırmalarımın her aşamasında tecrübelerinden faydalandığım ve benden hiçbir zaman yardımını esirgemeyen değerli tez danışmanım sayın Prof. Dr. Gülsün AKDEMİR EVRENDİLEK hocama teşekkürlerimi sunarken, tez jürimde yer alarak değerli görüşlerini benimle paylaşan Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi sayın Doç. Dr. Arzu Çağrı MEHMETOĞLU ve Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi Kanatlı Hayvan Yetiştiriciliği Bölümü öğretim üyesi sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet YAMAN'a teşekkür ederim. Tez süresince maddi olarak destek veren Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığı'na (proje no: 2015.09.04.918), tez yazma sürecinde ve laboratuvar çalışmalarında desteklerini her zaman hissettiğim Eda KESKİN, Selin ÖZBAKIR, Kübra KANAR ve Ar. Gör. Dr. Sibel UZUNER'e, Yenilikçi Gıda Teknolojileri Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi (YENİGİDAM)'da yapılan HPLC analizlerimde emeği geçen Uzman Şebnem KURHAN ve tekstür analizlerimde yardımcı olan Uzman İsmail İŞÇİ'ye ve bana olan inanç ve sabırlarından dolayı sevgili AİLEME içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

Gıda ürünlerinin güvenilir bir şekilde, tüketicinin ihtiyaçlarına uygun ve o gıda ürünü için uyumlu bir teknoloji kullanılarak üretilmesi gerekmektedir. Özellikle Batı ülkelerinde gıda ürünlerinin beslenme değerlerinin tüketicilerin ürün tercihini etkileyen sebepler arasında ön plana çıktığı görülmektedir (Kaletunç, 2009). Günümüzde tüketiciler, mikrobiyolojik açıdan güvenli, tazeliğini muhafaza edebilen, raf ömrü uzun, yüksek kalitedeki gıdaları tercih etmektedirler. Tüketicilerin bu isteklerine cevap verebilmek için ise yeni teknolojiler geliştirilmektedir (Gao vd, 2007).

Son yıllarda tüketime hazır sebzelere talep artmaktadır. Aynı talep organik sebzeler için de geçerlidir. Tüketiciler gıdaların raf ömrünü ve kalitesini geleneksel benzerlikleriyle kıyaslayarak, bu şartlarda proses edilmiş tüketime hazır organik sebzelerin arayışı içerisinde. Tüketime hazır sebze üretiminde proses hattı boyunca dezenfeksiyon, son ürünün kalitesini, güvenliğini ve raf ömrünü etkileyen en önemli basamaktır. Endüstride klor, dezenfeksiyon olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Son yıllarda gıda kaynaklı patojen kontaminasyonu ile ilişkili salgınlar, sebzelerdeki klor kullanılması hakkındaki endişeleri artırmaktadır. Üstelik klorun doğal organik maddelerle reaksiyonu, karsinogenik ve halojenli dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşumu ile sonuçlanmaktadır. Klor kullanımı ayrıca yüksek seviyelerdeki biyolojik oksijen ihtiyacı ve yüksek miktardaki atık su üretimi ile de ilişkilendirilmektedir. Tüm bu çevresel ve sağlık riskleri nedeniyle klor kullanımında kısıtlamalar getirilmiştir. Organik ve geleneksel üretim yapan sektörler ise klora alternatif olacak yöntemlerin arayışı içine girmiştir (Ölmez ve Kretzschmar, 2008).

Bu arayışlar sonucunda güçlü bir bakterisidal etkiye sahip ozonla (O) ilgili araştırmalara son yıllarda önem verilmektedir. Dezenfektan olarak ozon, çevre dostu, kullanımı sırasında sağlık açısından zararlı kalıntı bırakmayan, patojen mücadelesinde sporlar da dahil geniş bir etkiye sahiptir. Diğer dezenfektanlardan farklı olarak, ozon gıda sanayiinde *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*,

Bacillus cereus, ve *Enterococcus faecalis* gibi gram pozitif bakteriler kadar *Pseudomonas aeruginosa* ve *Yersinia enterocolitica* gibi gram negatif mikroorganizmalar üzerine de etkilidir (Savaş vd, 2014).

Yüksek güçteki ultrasonikasyon (US) teknolojisi ise intraselüler kavitasyon meydana getirerek, mikromekanik şoklarla hücresel yapı ve fonksiyonları bozarak bakterisidal etki göstermektedir (Barbosa-Cànovas, 2002). Ultrasonikasyonun kavitasyon etkisi hem mikroorganizmaların inaktivasyonu sağlamakta ve hemde gıda işletmelerinde yüzey dezenfeksiyonu ve yüzeye yapışan kir ve diğer organik unsurların uzaklaştırılmasına yardımcı olmaktadır.

Son yılların keşfi olan elektrodiyalize su (ES) başka bir dezenfeksiyon yöntemi olarak ortaya çıkmıştır. Elektrodiyalize su son on yılda yeni geniş spektrumlu bir temizlik maddesi olarak büyük bir popülerite kazanmıştır. Popülerliğinin başlıca nedeni, üretim ve uygulamanın basit olmasıdır. Elektrodiyalize suyun, etlerin sanitasyonunda, bazı taze ürünlerde, kesme tahtaları ve aletlerde kullanımının su ve klor çözeltilerinden daha etkili olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca meyve ve sebzelerin düzgün olmayan yüzeylerine ulaşımının daha kolay sağlandığı görülmektedir (Al-Haq vd, 2005).

Gıdalarda yaygın bir uygulama alanı bulan yüksek hidrostatik basınç (HHP) uygulaması ise ürünün besleyici özelliklerini koruması, ambalajlanmış ürünlere uygulanabilir olması, kullanılan enerji miktarının az olması nedeniyle ön plana çıkan başka bir teknolojidir (Özlü, 2008). Oda sıcaklığı, oda sıcaklığının altı ve üstündeki sıcaklıklarda prosesin gerçekleşmesi uygulama alanını arttırmaktadır.

Taze tüketime sunulan tarımsal ürünler mikrobiyel yükü azaltacak bir yöntemle proses edilmedikleri ve taze olarak tüketime sunulduğu için mikrobiyel ve biyokimyasal olaylar vasıtasıyla hızla bozulmaktadır. Havuç toprak kökenli bir ürün olduğu için, hasattan sonra kalan çamur, toprak vb kalıntılar mikro ve makro kontaminasyona neden olan unsurlar ürünü kısa sürede bozabilmektedirler. Bu sebeple, ürünlerin tazelik özelliklerini koruyacak güvenilir ürünler üretecek teknolojilerin test edilmesi gerekmektedir.

Çalışma kapsamında bu alternatif teknolojilerden O, US, ES ve HHP kullanılarak havuç örneklerinin yüzey dezenfeksiyonu, inoküle edilen

mikroorganizmalar ile ve doğal mikrofloranın inaktivasyonu ve havuçların önemli kalite parametrelerinde değişime neden olup olmadığı test edilmiştir.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Havuç ile İlgili Genel Bilgiler

Havuç (*Daucus carota* L.) Şemsiyegiller (Umbelliferae-Apiaceace) familyasında yer alır. Ana vatanı Orta Asya ve Yakın Doğu'dur. Havuç, kökleri yenilen ve üretimi tohumla yapılan 2 yıllık bir sebze türüdür (Yanmaz, 1994). Havuçlar; ülkemizde hasat edildikten sonra tarlada bırakma, çukurlara gömme ve soğutucu depolarda depolanma gibi tekniklerle saklanmaktadır (Tatlídil, 2000). Hasat edilen havuçlar için ideal depolama koşulları 0°C'ye kadar soğutulan ve % 95-100 oransal neme sahip depolardır (Ryall ve Lipton, 1972; Debner vd, 1980; Salunkhe ve Desai, 1984; Kader vd, 1985; Kozukue vd, 1985; Embrechts ve Schoneveld, 1988).

Havuç, en çok tüketilen sebzelerden biridir, fakat pazarlaması, depolanma sırasında hızlı bir şekilde bozulması ve fizyolojik değişimlere bağlı olarak raf ömrünün azalması bakımından ticari kullanımı sınırlıdır (Peiyin ve Barth, 1998). Üründe, yüksek solunum oranı ve mikrobiyolojik bozulmalar nedeniyle anaerobik yıkımda karakteristik kokular gelişir ve sertliğinde azalma meydana gelir (Barry-Ryan vd., 2000). Minimum işlenmiş havuç % 80-90 su içeriği sebebiyle nem kaybına açıktır ve bu durum havucun hızlı bir şekilde yüzeyindeki parlak turuncu rengi kaybederek ağarmış bir görünüm kazanmasına sebep olur. Dolayısıyla tüketici kabul edilebilirliğinde düşme meydana gelir (Bolin ve Huxsoll, 1991). Havucun iyi bir şekilde muhafaza edilmesi israfı önler, raf ömrünü uzatır ve her sezonda tüketiciye besleyici bir kaynak sağlayabilir.

2.2 Havuçta Oluşabilecek Mikrobiyel Riskler

Çiğ tüketilen sebzeler, hasat, taşıma, işleme, satış gibi işlemler sırasında *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia* spp. ve *Camplobacter* spp. gibi patojenik ve toksijenik mikroorganizmalar ile kontamine olabilmektedir. Yıkama, mikrobiyel yükü azaltmada çok fazla etkili olamamakta ve dolayısıyla canlı mikroorganizmalar sebze yüzeyinde kalabilmektedir. Bu sebze yüzeyindeki canlı mikroorganizmalar özellikle de patojenler insanlar tarafından direkt olarak tüketildiğinde önemli hastalıklara yol açmaktadır.

Mikroorganizma yükünün 10 ve 100 kat azaltılmasında dezenfektanların etkili olduğu ancak virüs ve protozoonların, bakteri ve funguslara göre daha dirençli olduğu belirtilmiştir. Ayrıca mikroorganizmaların dezenfektanlara olan direncinin, dezenfektan çeşidine, uygulama süresine, uygulama sıcaklığına, mikroorganizma türüne ve sebzenin kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre değiştiği belirtilmektedir (Bağcı vd., 2008).

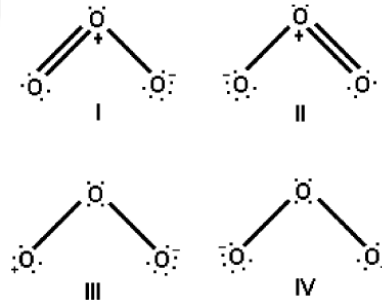
2.3 Kullanılan Alternatif Teknolojiler

2.3.1 Ozon

Yirminci yüzyılın başında 1840'ta Schonbein tarafından keşfedilen ozon antimikrobiyel ajan olarak içme suyu üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Klor veya diğer dezenfektanlarla karşılaştırıldığında daha geniş bir spektrumda mikroorganizma faaliyetlerini engellediği için ozon 1997 yılında FDA tarafından GRAS statüsü kazanmış, 2001 yılından itibaren “gıdalarla doğrudan temasında sakınca olmadığı” yönündeki kararlar gıda sanayinde alternatif bir koruma yöntemi olarak ortaya çıkmıştır. Başlangıçta sadece şişe sularının dezenfeksiyonunda kullanılırken bu tarihten itibaren gıda sanayinde farklı alanlarda kullanılmaya başlanmıştır (Çatal ve İbanoğlu, 2010). Genellikle gıda ile temas eden yüzeyler, proses suyu için dezenfektan ve üretim için dekontaminant olarak kullanılmaktadır (Batt vd., 2014; Demirci ve Ngadi, 2012).

Ozonla ilgili düzenleyici onaylamalar ve ozonun çevre dostu bir teknoloji olduğunun kabul edilmesindeki artış ile birlikte tüketicilerin daha iyi katkı maddelerine olan talebine karşılık araştırmalar genişletilmiştir. Ozonun çok fonksiyonlu olması onu umut veren bir gıda proses ajanı yapmaktadır. Fazla ozon, oksijen üretiminde hızlıca yok edilir ve böylelikle parçalanmasından dolayı gıdalarda kalıntı bırakmaz. Özellikle, FDA'nın gıdalarda ozon kullanımı ile ilgili resmi kararı, dünya çapında potansiyel gıda uygulamalarında ozona ilginin arttığı şeklinde sonuçlanmıştır. Ozon, su uygulamalarında, sanitasyon, yıkama, ekipman dezenfeksiyonu, kokuların ortadan kaldırılmasında ve meyve, sebze, deniz ürünleri proseslerinde oksidan olarak kullanılmaktadır (O'Donnell vd., 2012).

Üç adet oksijen molekülünün allotropik modifikasyonundan oluşan ozon oldukça kararsız bir moleküldür. Merkezi oksijen atomuna eşit uzaklıkta 2 adet oksijen atomu bağlanarak ozon molekülünde üçgen bir yapı meydana gelir. Bu yapıda bağların uzunluğu 1.278 Å'dır. Oksijen molekülleri arasındaki açı 116.49°'dir (Kim vd., 2003) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Ozon molekülünün rezonans yapıları (Rice ve Cotruva, 1978)

Çizelge 2.1. Saf ozonun major fiziksel özellikleri (Manley ve Niegowski, 1967; Kim vd., 2003; Guzel-Seydim vd., 2004)

Kaynama noktası (°C)	-111.9±0.3
Erime noktası (°C)	-192.5±0.4
Kritik basınç (atm)	54.6
Kritik sıcaklık (°C)	-12.1
Yoğunluk (gaz fazda g/L)	2.14
Bağıl moleküler kütlesi	48

Oda sıcaklığında stabil olmayan gaz halde bulunan saf ozon, buzdolabı sıcaklığında sıvı halde bulunur. Sıvı halde mavi-siyah renkte gaz halde solgun mavi renktedir (Kim vd., 2003; Guzel-Seydim vd., 2004). Ozon 2.07 mV'lık oksidasyon potansiyeliyle, gıda uygulamalarında kullanılması uygun olan en güçlü oksidandır (Çizelge 2.2).

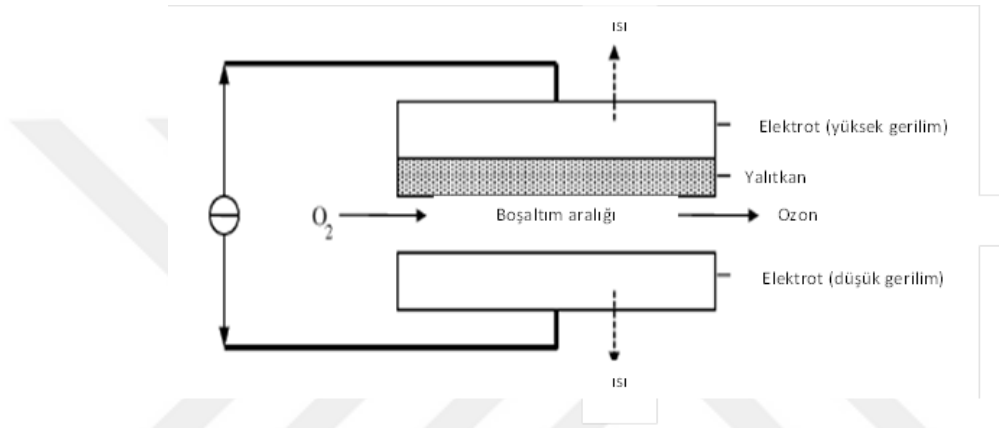
Çizelge 2.2. Oksidasyon ajanları ve potansiyelleri (Manley ve Niegowski, 1967)

Oksidasyon ajanı	Oksidasyon potansiyeli (mV)
Flor	3.06
Ozon	2.07
Permanganat	1.67
Klordioksit	1.50
Hipokloröz asit	1.49
Klor gazı	1.36

2.3.1.1 Ozon Üretimi

Ozon doğada güneşten gelen UV ışınları (188 nm dalga boylu) veya yağmurlu havalarda şimşekten kaynaklanan yüksek enerji sonucu ortaya çıkmaktadır (Karaca ve Velioğlu, 2007). Doğada oluşumu böyleyken günümüzde endüstride üretimi korona deşarj ozon jenaratörleri ve ultraviyole (UV) ozon jenaratörleri ile sağlanır. Bu iki sistemde de ilk aşama diatomik oksijen molekülünün

parçalanmasıyla başlar, O-O bağlarının parçalanması için gerekli yüksek miktardaki enerji korona deşarj jeneratörleri ve UV ışımlar tarafından sağlanır. Bu bağ parçalandıktan sonra serbest kalan yüksek oranda reaktif radikal oksijen atomu bir başka diatomik oksijen molekülüyle birleşerek yüksek oranda kararsız triatomik ozon molekülünün oluşmasını sağlar (Anonim, 2014; Güzel-Seydim vd., 2004). Korona deşarj ozon jeneratörleri biri yüksek biri düşük gerilime sahip iki elektrottan oluşurken bu elektrotlar seramik dielektrik ortam ve dar deşarj boşluğuyla birbirlerinden ayrılır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Korona deşarj ozon jeneratörünün şematik diyagramı (Rice vd, 1981)

Elektronlar oksijen molekülünü dissosiyeye edecek kinetik enerjiye ulaştığında çarpışmalar meydana gelerek O-O bağlarının parçalanması sağlanır ve serbest kalan oksijen atomları parçalanmamış oksijen molekülüyle birleşerek ozon gazını oluşturur (Anonim, 2014; Güzel-Seydim vd., 2004).

UV jeneratörleri ile ozon gazı üretilebilmesi için çok fazla enerji tüketiminin olması, ozon veriminin düşük olması ve üretimin fazla maliyet gerektirmesi sebebiyle korona deşarj jeneratörleri daha fazla tercih edilmektedir (Anonim, 2014; Güzel-Seydim vd., 2004).

2.3.1.2 Ozonun Mikrobiyel İnaktivasyon Mekanizması

Ozonun mikroorganizmalara karşı 2 temel etki mekanizması ile aktivite gösterdiği belirtilmektedir (Victorin, 1992). Birinci mekanizmada ozon enzimlerin, proteinlerin, peptitlerin sülfidril gruplarını ve aminoasitlerini oksitleyerek daha kısa

peptitlerin meydana gelmesini sağlarken; ikinci mekanizmada ise ozon hücre zarında bulunan çift bağları ozona karşı oldukça hassas olan doymamış yağ asitlerini oksitleyerek asit peroksitlerin meydana gelmesini sağlamaktadır (Murray vd., 1965; Blogoslawski ve Rice, 1975; Victorin, 1992). Hücre zarındaki yağların degradasyonu ile hücre parçalanır ve hücre bileşenleri hücreden sızar (Güzel-Seydim vd., 2004).

Hücresinin yapısına zarar veren ozon hücrenin enzim sistemini etkileyerek hücre solunumunun durmasına neden olur ve mikroorganizma ölümü gerçekleşmiş olur (Alparslan vd., 2012). Ozonun dezenfeksiyon etkisinin etkilediği ortamdaki organik madde yoğunluğu, uygulanan ozon miktarı ve diğer maddeler (metaller ve inorganikler) gibi birçok sebebi vardır (Kim vd., 1999).

2.3.1.3 Gıdalarda Ozon ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

Marul, domates ve havuç örneklerine 3 ile 60 dak arasında değişen süreyle uygulanan klor (50,100 ve 200 ppm); sitrik asit (% 0.5, % 1 ve % 1.5), ultraviyole ışık (0.65 ve 1.6 mW/cm²) ve ozon (5 ppm) uygulamalarının *E. coli* ATCC 11775'in inaktivasyonu ve örneklerin dezenfeksiyon sonrası Hunter renk parametreleri, renk fonksiyonları (ΔE , hue, kroma), domates renk indeksi ve beyazlık derecesi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada sadece 2 dak ozon uygulaması sonrasında domateste *E. coli* ATCC 11775 sayısında 2.2 log birim düşüş gözlenmiştir. Havuç ve marul porlu ve pürüzlü yüzeyi sebebiyle daha düşük inaktivasyon gözlenmiştir. Ozon ile proses edilen örneklerde ayrıca marulun yeşilliğinin olumsuz olarak etkilendiği görülmüştür (Bermudez-Aguirre ve Barbosa-Cànovas, 2012).

E. coli O157:H7 ile kontamine edilen elmalara 21-28 mg/L konsantrasyonda, 3 dak sulu ozon uygulaması yapılmış ve uygulama sonucunda *E. coli* O157:H7 sayısının 2.6-3.7 log birim azaldığını tespit etmiştir. Ayrıca, sıcaklığın artmasına bağlı olarak bakteri ölüm hızının arttığı da görülmüştür (Achen ve Yousef, 2001).

Marul yaprakları ile yapılan bir çalışmada ozonlanmış su ile yıkama işleminin ozon ve klor birlikte kullanıldığında toplam mezofilik bakteri popülasyonu üzerinde 1.6-2.1 log birim azalmaya neden olduğu; ancak askorbik asit (Vit C) ve fenolik bileşenlerin miktarlarında kısmen azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir (Marquenie vd.,2002). Marullara yapılan başka bir uygulamada marullar musluk

suyu ve klorlu su (100 mg/L ve 200 mg/L) ile yıkanmış ve bu uygulamalar ozon uygulaması (0~10 mg/L) ile kıyaslamıştır. Üç dak süresince uygulanan 3 ppm ozonlu su uygulamasında *L. monocytogenes* sayısında yaklaşık 2 log birimlik azalma gözlenmiştir (Kim vd., 2006).

Kuru incirlerin dezenfeksiyonu amacıyla ve incirlere 5 ve 10 ppm dozlarında 3 ve 5 saat ozon gazı uygulanmıştır. Uygulama sonunda toplam aerobik mezofilik bakteri, toplam koliform ve toplam maya küf sayısında istatistiksel olarak önemli düzeyde düşüş gözlenmiş ve örneklerde *E. coli* bulunmamıştır. Kuru incirlerde mikroorganizma sayısını düşürmek için 5 ppm’de minimum 3 saatlik uygulama yeterli görülmüştür. Toplam aerobik mezofil bakteri ve toplam maya ve küf sayılarında sırası ile % 38 ve % 72 oranında azalış olduğunu, koliform bakterilerin ise tamamının inhibe edildiği gözlenmiştir (Öztekin vd., 2006).

Yüksek nem altında 2 veya 4 hafta depolanan soğanlarda korona deşarj yöntemiyle ozon uygulanması sonucunda bakteri ve küf sayılarının, kimyasal ve duyu kalitede hiçbir değişikliğe uğramadan azaldığı görülmüştür. Ayrıca, yüzeydeki renk kaybı ve küflenmede önemli derecede düşüş gözlenmiş ve korona deşarj yöntemi depoda bulunan hava kaynaklı küf sporlarını da azaltmıştır (Song vd., 2000).

Ozon, UV ve ozon-UV kombinasyonlu uygulamalarıyla sebzelerin yıkama sularının kalitesinin analiz edildiği çalışmada 20 dak ozon uygulanan havuçların yıkama suyunda mezofil ve toplam koliform sayısında sırasıyla 4 ve 1 logluk azalma tespit edilmiştir. Bununla birlikte mikrobiyel yükte 60 dak ozon ve UV uygulaması sonucunda 4 ve 5.9 log birimlik bir düşüş gözlenmiştir. UV uygulaması fizikokimyasal kaliteyi etkilemezken; ozon ve ozon-UV uygulamaları yıkama suyundaki bulanıklığı önemli derecede düşürmüştür. Sonuç olarak ozon ve ozon-UV uygulamalarının taze meyve ve sebze yıkama proseslerinde diğer dezenfektanlara alternatif olabileceği belirtilmiştir. Bu teknolojilerin kullanımı daha az su değişimine ve düşük dozlarda dezenfektan kullanımına olanak sağlamaktadır (Selma vd., 2008).

2.3.2 Ultrasonikasyon

Ultrason (sonikasyon), saniyede 20.000 veya daha fazla titreşim gerçekleştiren ses dalgalarının enerji oluşturması olarak ifade edilmektedir. Ultrasonikasyon uygulamalarında 20 kHz'den 10 MHz'e kadar değişen frekanslar kullanılmaktadır (Dolatowski vd., 2007; Knorr vd., 2004).

Ses enerjisi ortama girdiğinde dalga tipi bir hareket oluşturduğu için boylamsal dalgalar oluşur ve bu durum partiküller üzerinde bir sıkışma gevşeme yaratır. Yüksek şiddetli ultrasonikasyon uygulaması sonrasında sıvıda yüksek basınçlı ve düşük basınçlı dalgalar oluşmaktadır (Knorr vd., 2004). Düşük basınçlı dalgalar oluşurken ultrasonik dalgaların meydana getirdiği küçük vakum baloncuklar meydana gelir ve bu baloncuklar daha fazla enerji absorblayamayacak hale geldiklerinden yüksek basınçlı dalgalar oluşur ve içe doğru patlarlar. Bu olaya kavitasyon denir. Kavitasyon sonucunda 1000 atm'nin üstünde bir basınç oluşur ve büyük miktarda enerji meydana gelir. Bu enerji, kabarcıkların bulunduğu bölgeyi ısıtır ve kimyasal reaksiyonlara sebep olur (Vercet vd., 2001).

2.3.2.1 Ultrasonikasyonun Mikrobiyel İnaktivasyon Mekanizması

Gıda endüstrisinde MHz genişliğinde düşük enerji, kHz genişliğinde düşük frekans kullanımı ve yüksek frekanslı ultrasonik ses dalgaları yıllardır araştırma konusu olmuştur. Düşük enerjili ultrasonik ses dalgaları, yüksek frekans (0.1- 20 MHz) ve düşük güç seviyesi (W/cm^2) ile tanımlanmaktadır. Gıda uygulamaları için, 0.1- 20 MHz arasındaki yüksek frekansların ve düşük enerji seviyelerinin (100 mV) kullanıldığı belirtilmektedir (Gunesakaran ve Ay, 1994; McClements, 1997; Villamiel vd., 1999).

Sıvılara ultrasonik ses dalgası uygulanması sonucu serbest radikaller ortaya çıkmaktadır. Ultrasonik ses dalgası ile parçalanmış su $OH^\cdot$, $H^\cdot$ veya H_2O_2 formlarına dönüşmektedir. Bu bileşiklerin önemli bakterisidal etkiye sahip olduğu belirtilmekle birlikte serbest radikallerin hücredeki ilk hedefinin DNA olduğu ve zinciri çeşitli noktalardan kopardığı yapılan çalışmalarla saptanmıştır (Povey ve Mason, 1998).

2.3.2.2 Gıdalarda Ultrasonikasyon ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

Yapılan bir çalışmada, organik taze marullara patojen inoküle edilmiş, 5-60 dak periyod aralığındaki ultrason ile patojenlerde önemli ölçüde azalış tespit edilmiştir (Mahvi vd., 2005; Seymour vd., 2002; Sagong vd., 2011). Ultrasonikasyon uygulamasının sulu süspansiyondaki *E. coli*, *S. aureus*, *Bacillus subtilis* ve *Pseudomonas aeruginosa*'yı yok edebildiği belirtilmiştir (Bayraktaroğlu ve Obuz, 2006; Scherba vd., 1991). Tolvanen vd. (2009) yaptıkları çalışmada *L. monocytogenes* ve et bulaşmış konveyör bandına ultrasonikasyon ile temizleme işlemi yapmış özellikle yüksek sıcaklık uygulamasına oranla daha etkili olduğunu ispatlamışlardır. Ultrasonikasyonun patojen mikroorganizmaların üzerindeki etkilerinin araştırıldığı diğer çalışmada 24 kHz frekanstaki ultrasonikasyon ve hardal tohumu birleşiminin, dağ çileği ve böğürtlen suyunda kontrole göre, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *Salmonella* spp. gibi patojenlere karşı, meyve sularının kimyasal ve fiziksel özelliklerini bozmadan etkili inhibisyonla sonuçlandığı bulunmuştur (Kırmusaoğlu, 2013).

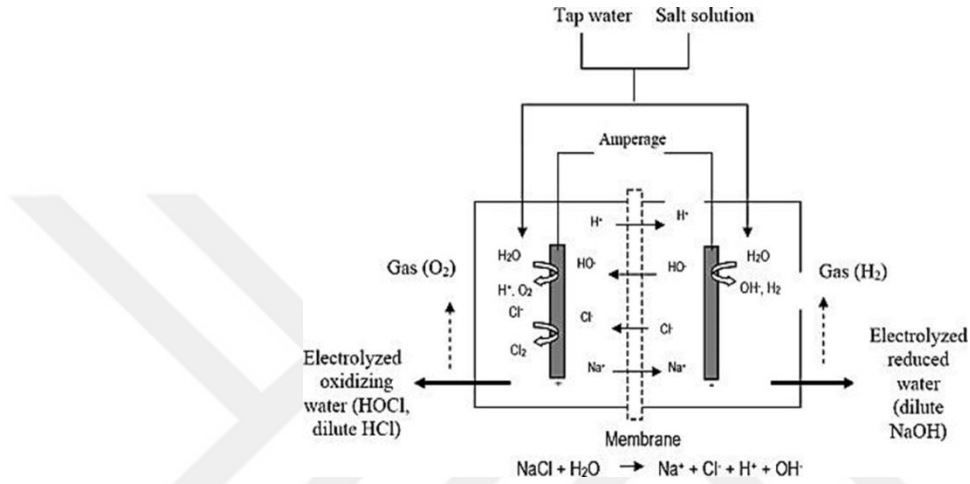
2.3.3 Elektrodiyalize Su

Elektrodiyalize su uygulaması, maliyet etkinliği, kolay uygulanabilirliği, etkili dezenfeksiyon, yerinde üretim ve insan ve çevre için güvenlik gibi geleneksel temizleme sistemlerine kıyasla birçok avantaja sahiptir. Elektrodiyalize su, çeşitli mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal aktivite gösterir ve gıda ürünleri, gıda işleme yüzeyleri ve gıda dışı yüzeylerde nispeten kısa bir sürede (genellikle 5-20 s.) virüslerin, bakterilerin, mantarların ve sporların en yaygın türlerini ortadan kaldırır (Huang vd., 2008).

Elektrik akımı yardımıyla, bir sıvı içerisinde çözünmüş kimyasal bileşiklerin ayrıştırılması işlemine elektroliz adı verilir. Bu olay elektrik akımının elektrolit içinde iletilmesi ile gerçekleşir. Suyun elektrolit olarak kullanılması durumunda gerçekleşen ayrıştırma işlemine suyun elektrolizi, bu olay sonucunda oluşan suya da elektrolize su veya elektrodiyalize su adı verilir (Huang vd., 2008).

2.3.3.1 Elektrodiyalize Su Üretimi

Elektroliz, elektroliz kabı veya tankı denilen bir ekipman içinde uygulanır. Elektrolit içinde artı ve eksi iyonlarına ayrılmış birbirine değmeyecek şekilde konumlandırılmış iki elektrot bulunur. Elektrotlar anot ve katot olarak adlandırılır. Anot yükseltgenmenin (elektron verme olayının), katot indirgenmenin (elektron alma olayının) gerçekleştiği yerdir (Anonim, 2010).



Şekil 2.3. Elektrodiyalize suyun üretim şeması (Huang vd., 2008)

Elektrolize su, asidik elektrolize su ve alkali elektrolize su olmak üzere 2 şekilde sınıflandırılır. Elektrodiyalize edilmiş alkali çözelti (pH > 11) katot tarafından oluşturulur ve bu su güçlü indirgenme potansiyeline sahip olup gıdaları temizleyici çözelti olarak kullanılabilir (Hsu, 2005). Elektrolize edilmiş asit çözelti (pH < 2.7) ise anot tarafından oluşturulup güçlü yükseltgenme potansiyeline sahiptir ve bakteriyel dezenfektan olarak kullanılabilir (Tosa ve Yamasaki., 2000).

Elektrodiyalize su geleneksel temizleme araçlarına göre daha etkili ve daha ucuzdur. Elektrodiyalize suyun patojenik mikroorganizmaların etkisizleştirilmesi için kullanımındaki en büyük avantajı üretiminde hiçbir kimyasal madde eklenmemesinden dolayı tüketici sağlığını tehlikeye sokmaması ve çevre üzerindeki daha az olumsuz etkisidir. Ayrıca elektrodiyalize suyun insan vücuduna hiçbir zarar vermediği de belirtilmiştir (Mori vd., 1997).

2.3.3.2 Elektrodialize Su ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

Marullara pH 7 de elektrolize su uygulanmasının ve *E. coli* O157:H7 sayısında iyi derecede bir düşüş sağladığı ve aynı koşullar altında, 5 dak uygulama sonrasında biyofilm ile birlikte *S. Typhimurium*, *E. coli* O157:H7 ve *L. monocytogenes* 'te yaklaşık 2 log'luk bir azalma gözlemlendiği tespit edilmiştir (Yang vd., 2003).

Alkali elektrolize suyun dilimlenmiş havuçta bulunan *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve maya küfe karşı sanitasyon etkisinin incelendiği çalışmada havuçlara pH 11.3 olan alkali elektrolize su 3 dak uygulanmış *E. coli* sayımlarında 2.6 log kob/g, *Listeria* sayımlarında 2.7 log kob/g ve toplam maya ve küf sayısında ise 1 log kob/g düşüş gözlenmiştir (Rahman vd., 2011).

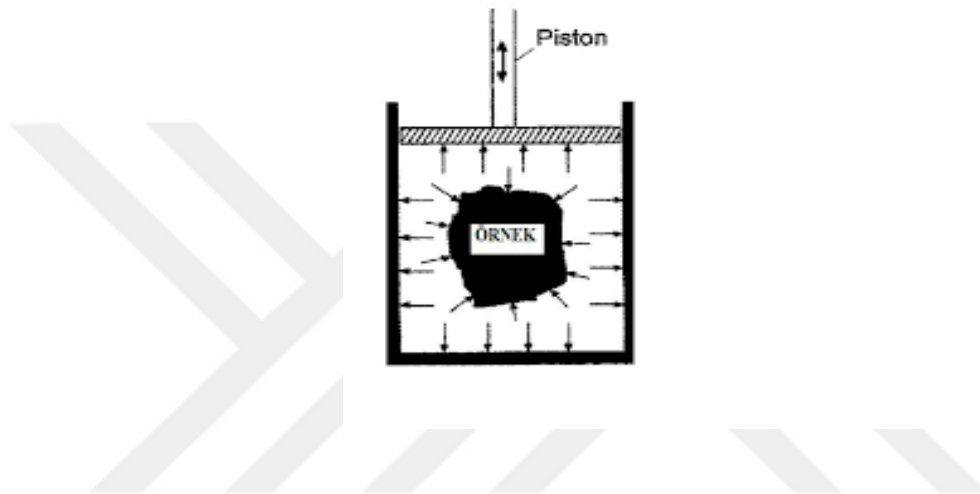
Lee vd. (2014) lahanaya nötr, asidik ve alkali elektrolize suyu 1 dak boyunca uygulamışlar ve inoküle edilen *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *S. aureus* ve *L. monocytogenes* sayılarındaki değişimleri incelemişlerdir. Asidik elektrolize su uygulaması ile 0.91-1.92'lik log oranında yüksek bir mikrobiyal azalma gözlenmiştir. İnoküle edilen bakterilere bağlı olarak, nötr elektrolize su ve alkali elektrolize su uygulamalarında sırasıyla 0.78-1.68 ve 0.68-1.78 log azalmalar görülmüştür. Elde edilen mikrobiyal azalma *S. Typhimurium* için daha fazlayken, diğer inoküle edilen bakteriler arasında önemli bir fark görülmemiştir.

2.3.4 Yüksek Hidrostatik Basınç

Yüksek hidrostatik basınç (HHP) uygulaması ambalajlı veya ambalajsız olarak sıvı veya katı gıdalara 100-1000 MPa basınç aralığında ve genellikle 0 ile 100°C arasında yapılan bir işlemdir. HHP ekipmanlarının tasarımı, gıda muhafazası amacıyla maksimum 700 MPa basınç uygulayabilecek niteliktedir (Earnshaw, 1996; Minerich ve Labuza, 2003).

2.3.4.1 Yüksek Hidrostatik Basınç Sisteminin Çalışma Mekanizması

HHP sisteminin temel prensibi, ürünün içinde bulunduğu sıvıya kuvvet uygulanması ile sistemin bu etkiyi azaltıcı yönde yeni bir denge hali oluşturmasıdır. Basınç artarken hacimde azalış meydana gelir. Sızdırmaz bir sistem içerisindeki kapalı bir gıdaya uygulanan basınç, gıdanın şekline, büyüklüğüne ve bileşimine bağlı olmaksızın gıdanın her noktasına eşit şekilde ulaşmaktadır (Earnshaw, 1996; Hugas vd., 2002; Huppertz vd., 2002).



Şekil 2.4. Yüksek hidrostatik basınç sisteminin (HHP) şematik görünümü (Hinrichs vd., 1996)

2.3.4.2 Yüksek Hidrostatik Basınç Sisteminin İnaktivasyon Mekanizması

Yüksek basınçla inaktivasyon; basıncın hücrede sebep olduğu değişimlerden, hücre zarında meydana gelen değişikliklerden, metabolizma ve genetik mekanizma üzerindeki etkilerden kaynaklanmaktadır (Arıcı, 2006). Ayrıca HHP uygulaması, mikroorganizmaların tamamını veya bir kısmının inaktivasyonunu, gıdanın kalite özelliklerini iyileştirmek için katılmış olan katkı maddelerinin fonksiyonel ve besinsel değerlerini daha iyi muhafazasını ve daha az enerjiyle işlemin gerçekleşmesini sağlayabilmektedir. Yüksek basınç işlemi, klasik ısıtma yöntemiyle kıyaslandığında esansiyel vitaminlerin, aroma maddelerinin ve fitokimyasalların daha az zarar görmesini sağlamaktadır (Gao vd, 2007).

2.3.4.3 Gıdalarda Yüksek Hidrostatik Basınç ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

HHP uygulaması ile meyve ve sebzelerin duysal ve besleyici özellikleri korunurken, aynı zamanda uygulama sonrasında taze meyve ve sebzelerin solunumu zayıfladığı için daha uzun süre tazeliklerini koruyabilmektedirler. Ayrıca HHP meyve ve sebzelerin bazı kalite özelliklerini de etkileyebilmektedir (Xu, 2004). HHP uygulaması havucun doku ve tekstürüne zarar vermezken 600 MPa’da 5 dak ve 400 MPa’da 20 dak’dan daha fazla uygulanmasında havucun görüntüsünde değişikliklere neden olduğu belirtilmiştir. Bu sebeple havucun görüntüsünde herhangi bir değişiklik olmaksızın ticari olarak havuca 400 MPa’da 20 dak veya 500 MPa’da 5 dak basınç uygulanmasının uygun olacağı vurgulanmıştır (Xu, 2004).

HHP uygulamasının meyve ve sebzelerin renk stabilitesine etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada 20-22°C’de 200, 400, 600 ve 800 MPa basınç 15 dak süreyle uygulanarak çilek suyundaki antosiyanin miktarı ölçülmüştür. En yüksek antosiyanin stabilitesi ve en düşük antosiyanin kaybının 800 MPa basınçta 4°C’de depolanan meyve suyunda olduğu görülmüştür (Zabetakis vd., 2000). Avakado ile ilgili yapılan bir çalışmada ise taze avakadoya hiçbir koruyucu madde kullanılmadan sadece HHP işlemi uygulanmış ve raf ömrünün 7 günden 21-30 güne kadar uzadığı lezzet, tekstürel ve besinsel değerinde önemli bir değişimin olmadığı bildirilmiştir (Parnell, 2003).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Havuç

Bu çalışma kapsamında materyal olarak kullanılan Nantes tipi havuçlar Bolu ilindeki semt pazarları ve marketlerden temin edilmiş, kullanılabileceği kadar 4°C’de muhafaza edilmiştir.

3.1.2 Bakteri Kültürleri

Araştırmada kullanılan *S. Typhimurium* ve *E. coli* O157:H7 (EDL 931 040504) kültürü Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı Ulusal Tıp Refik Saydam Kültür Koleksiyonu (RSKK) Laboratuvarı’ndan (Ankara, Türkiye) liyofilize formda satın alınmıştır.

3.1.3 Ultrasonikasyon Cihazı

Çalışmada Bandelin Sonorex markalı (RK 510H modeli) 35 kHz frekanslı, 160/640W performanslı, 2.5 A anlık tüketimi olan, 230V~ 50/60 Hz şebeke gerilimi özellikleri olan ultrasonikasyon cihazı (Berlin, Almanya) kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Ultrasonikasyon cihazı

3.1.4 Ozon Jenaratörü

Deneylerde OXYTIME markalı 7F 5 mini modelinde 230 VAC voltaja sahip, 2A akımlı ve 1 L/dak O₃ akış oranı özelliği olan ozon jeneratörü (Ankara, Türkiye) kullanılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Ozon jeneratörü

3.1.5 Elektrodiyalize Su Cihazı

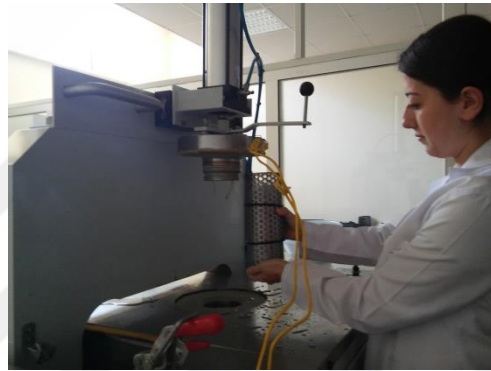
Çalışmada LYDIA markalı iyonizer modelinde 2 adet yüksek kapasiteli filtreye sahip, 10 adet pH seviyesi bulunan alkali su cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Elektrodiyalize su cihazı

3.1.6 Yüksek Basınç Cihazı

Numunelerin işlenmesi için 2 L kapasiteli tezgah ölçekli yüksek basınç proses ekipmanı (HHP) (Avure, Middletown, OH, USA) kullanılmıştır (Şekil 3.4). Maksimum çalışma basıncı 690 MPa olup basınçlandırma sıvısı distile sudur. Sistem tamamen adyabatiktir ve 100 MPa için ortalama 2°C sıcaklık artışına neden olur. Hazırlanan örnekler çok tabakalı bir polimer, alüminyum, polimer filmden (polietilen- alüminyum- polipropilen) yapılmış esnek torbalara konularak işlem öncesi ısı sızdırmaz hale getirilir.



Şekil 3.4. Yüksek basınç cihazı

3.2 Yöntem

3.2.1 Havuç

Uygulamalar öncesinde havuçlar kabukları soyulmadan ebatları mümkün olduğu kadar eşit olacak şekilde ikiye kesilerek beherlere konulmuş, üzerlerine 500 mL saf su eklenmiştir. Kontrol grubunda örnekler sadece saf suyla yıkanmış başka bir işlem uygulanmamıştır.

3.2.2 Uygulamalar

3.2.2.1 Ozon Uygulaması

Laboratuvar ölçekli ozon cihazı kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada ozon dozu 1.5 L/dak ozon, uygulama süresi ise 5 ve 15 dak olmak üzere proses parametreleri belirlenmiştir.

3.2.2.2 Ultrasonikasyon Uygulaması

Laboratuvar ölçekli US cihazı kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada 35 kHz frekans altında 5 ve 15 dak uygulama süreleri kullanılmıştır.

3.2.2.3 Elektrodialize Su Uygulaması

Laboratuvar ölçekli ES cihazı kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada pH 8.5 ve 10 olmak üzere uygulama süreleri 5 ve 15 dak olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.5. Elektrodialize su uygulanmış örnekler

3.2.2.4 Yüksek Basınç Uygulaması

Paketlenmiş havuçlar yüksek basınç cihazına yerleştirilerek 3 farklı basınç altında (250, 350 ve 450MPa) 5 dak olmak üzere oda sıcaklığında uygulanmıştır. 450 MPa basınç artışı ile birlikte işlem sıcaklığı 29°C'ye yükselmiştir.

3.2.3 Fiziksel ve Kimyasal Analizler

3.2.3.1 Renk Tayini

Minolta renk ölçüm cihazı kullanılarak sonuçlar CSI sisteminde L^* (0: koyuluk, 100: açıklık), a^* (- : yeşillik, + : kırmızılık) ve b^* (- : mavilik, + : sarılık) değerleri olarak elde edilmiştir. Ayrıca L^* , a^* , b^* değerleri kullanılarak TCD (ΔE , toplam renk değişimi), hue (h° , renk), kroma (C^* , doygunluk-grilik) ve esmerleşme değerleri de aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

$$C^* = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3.1)$$

$$h^\circ = \arctan(b/a) \quad (3.2)$$

$$\Delta E = \sqrt{(L_o - L)^2 + (a_o - a)^2 + (b_o - b)^2} \quad (3.3)$$

3.2.3.2 pH Tayini

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

3.2.3.3 Suda Çözünen Toplam Kuru Madde Tayini

Havuç suyu örneklerinin suda çözünen toplam kuru madde ($^\circ\text{Briks}$) tayini 507-1 model refraktometre (Nippon Optical Works Co. Ltd. Japonya) kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar $^\circ\text{Briks}$ derecesi olarak belirtilmiştir.

3.2.3.4 Kondaktivite (İletkenlik) Tayini

Havuç suyu kondaktivitesi Sension 5 model (HACH, CO, ABD) el kondaktivitesi kullanılarak ölçülmüş ve sonuçlar mS/cm olarak belirlenmiştir.

3.2.3.5 Titrasyon Asitliği

Bir mL havuç suyu örneğine 5 mL su ilave edilip homojen karışım haline getirdikten sonra 2 damla fenolfitaleyn ayracı eklenip 0.1 N NaOH ile titre edilmiştir. Harcanan NaOH miktarı kaydedilerek sonuçlar AOAC (1990)' ye göre hesaplanmıştır.

3.2.3.6 Toplam Antioksidan Kapasitesi Tayini

DPPH Çözeltisi: 250 mL'lik balonjoje içerisine 0.0494 g DPPH tartıldıktan sonra etil alkolle 250 mL'ye tamamlanır. Hazırlanmış olan 500 µM DPPH çözeltisi kullanılmadığı zaman karanlıkta ve buzdolabında saklanmalıdır.

Tris-HCl Tampon Çözeltisi: 6.057 g Tris tartıldıktan sonra beherde 400 mL distile su içerisinde çözündürülür. Çözelti 0.1 M HCl ile pH 7.4'e ayarlanıp balonjojede 500 mL'ye tamamlanır.

Havuç suyu örnekleri analizi öncesinde şahit örneği hazırlanır. Şahit örneğini hazırlamak için 0.1 mL etil alkol alınarak üzerine 0.9 mL Tris-HCl ve 1 mL DPPH eklenerek karıştırılır. 30 dak karanlıkta bekletilir sonra 517 nm'de okuma yapılır. Şahit örneğiyle okuma yapılır ardından alkole karşı örnek çözeltisi hazırlanarak okuma yapılır. 0.1 mL havuç suyu örneği 2.4 mL saf su ile seyreltilmiştir. Elde edilen seyreltilmiş örnekten 0.1 mL alınarak üzerine 0.9 mL Tris-HCl ve 1 mL DPPH çözeltisi ilave edilerek hızla karıştırılmıştır. Karanlıkta 30 dak bekleme işleminden sonra 517 nm dalga boyunda UV spektrofotometre cihazı ile absorbans ölçülmüştür. Ölçülen değerler aşağıdaki formüle yazılarak % toplam antioksidan aktivite (AA) değeri bulunmuştur (Moon ve Terao, 1998).

$$AA(\%) = \left(1 - \left(\frac{Abs_{örnek\ 517\ nm}}{Abs_{kontrol\ 517\ nm}} \right) \right) \times 100 \quad (3.4)$$

3.2.3.7 Toplam Fenolik Madde Tayini

Gallik Asit Çözeltisi: 0.1034 g gallik asit tartılarak 100 mL saf suda çözündürülür.

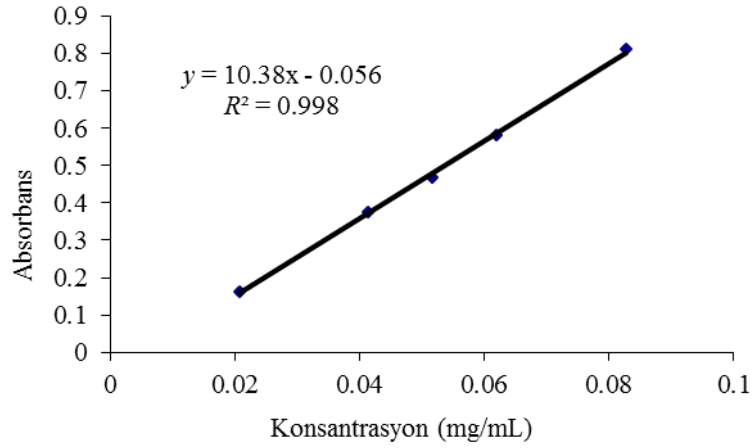
Sodyum Karbonat Çözeltisi: 7.5 g susuz NaCO_3 tartılıp saf suyla 100 mL çözündürülüp hazırlanır.

Folin-Ciocalteu Çözeltisi: 0.2 N Folin Ciocalteu çözeltisi, 2 N Folin-Ciocalteu çözeltisinden 1 L'lik balonjoje içerisine 100 mL alınıp saf su ile 1 L'ye tamamlanarak hazırlanır ve oda sıcaklığında muhafaza edilir. Analizin yapılışı şöyledir;

Toplam fenolik madde miktarı (Spanos ve Wrolstad, 1990)'ın belirttikleri Folin Ciocalteu belirteci kullanılan spektrofotometrik analizle yapılmıştır. Analiz edilen havuç suyu örnekleri 760 nm dalga boyunda 0.2-0.8 absorbans gösterecek şekilde seyreltilmiştir. Seyreltilmiş havuç suyu örneklerinden 1 mL tüpe alınarak üzerine 5 mL 0.2 N Folin-Ciocalteu çözeltisi eklenmiş ve daha sonra 4 mL doymuş sodyum karbonat çözeltisi eklenip tüpün homojen karışımı sağlandıktan sonra $50\pm5^\circ\text{C}$ 'ye ayarlanmış su banyosunda 5 dak bekletilmiştir. Tüp hemen soğutulup UV spektrofotometreyle (HACH LANGE, DR 5000) 760 nm'de absorbans ölçülmüştür.

Elde edilen absorbans değerlerinden fenolik miktarını belirleyebilmek için gallik asit eğrisinden yararlanılmıştır. Analiz için gerekli olan gallik asit kalibrasyon eğrisi hazırlamak için öncelikle stok gallik asit çözeltisinden 0.2, 0.4, 0.5, 0.6 ve 0.8 mL ayrı ayrı alınarak 10 mL'ye seyreltilmiş sonra seyreltilerek hazırlanmış bu standart çözeltilerden 1'er mL alınarak üzerine 5 mL folin reaktifi ve 4 mL Na_2CO_3 eklenerek $50\pm5^\circ\text{C}$ 'de sıcak su banyosunda 5 dak bekletilmiş daha sonra soğutularak 760 nm'de şahide karşı okuma yapılmıştır.

Konsantrasyon-absorbans şeklinde kalibrasyon eğrisi çizilerek gallik asit kalibrasyon eğrisinin denklemi aşağıda belirtildiği gibi elde edilmiş (Şekil 3.6) ve sonuçlar mg/mL gallik asit eşdeğeri olarak verilmiştir.



Şekil 3.6. Gallik asit kalibrasyon eğrisi

3.2.3.8 Toplam Karotenoid Tayini

Lee vd. (2001)'nin daha önce belirtmiş oldukları yöntem adapte edilerek ve 5 mL havuç suyu teflon bir tüpe aktarılarak üzerine 10 mL ekstraksiyon çözeltisi (hekzan: aseton:metanol/50:25:25, %0.1 BHT içerikli) ilave edilerek santrifüjleme işleminden sonra 450 nm'de absorbans ölçümü gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Toplam karotenoid } \left(\frac{\text{mg}}{100 \text{ ml}} \right) = \frac{\text{Abs} * \text{SF}}{E^{1/2}} \quad (3.5)$$

SF: Seyreltme faktörü

$E^{1/2}$ = Ekstinksiyon katsayısı

3.2.3.9 Askorbik Asit (C vitamini) Tayini

%0.4'lük Okzalik Asit Çözeltisi: 4 g okzalik asit ± 0.1 mg duyarlılığa sahip hassas terazide (KERN & Sohn, Model No ABS 220-4) tartılarak balon joje içerisine alındıktan sonra saf su ile 1000 mL'ye tamamlanır.

Stok Askorbik Asit Çözeltisi: 0.1 g askorbik asit balon joje içerisine alınarak üzerine saf suyla 100 mL'ye tamamlanır.

Standart Boya Çözeltisi: 0.012 g 2.6 diklorofenolindofenol tartılarak saf su içerisinde çözündürülerek saf su ile 1000 mL'ye tamamlanır.

Standart Askorbik Asit Çözeltisi: Hazırlanan stok askorbik asit çözeltisinden sırasıyla 1, 2, 3, 4 ve 5 mL alınarak önceden numaralandırılmış 100 mL'lik balonjojeler içerisine aktararak her bir balon joje % 0.4'lük okzalik asit çözeltisi ile 100 mL'ye tamamlanır. Analizin yapılışı şöyledir;

C vitamini tayini için havuçlar katı meyve sıkacağı (Sinbo, Model No SJ-3124) yardımıyla sıkılmış elde edilen havuç suyu kullanılmıştır. C vitamini miktarı Pearson ve Churchill (1970)'e göre spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir. Standart kurvenin hesaplanması için 4 adet tüp alınmış ve üzerlerine 1, 2, 3 ve 4 yazılarak numaralandırılmıştır. Daha sonra 1 nolu tüpe 10 mL saf su konulmuş ve 2 nolu tüpe 1 mL % 0.4'lük okzalik asit ve 9 mL standart boya çözeltisi ilave edilmiştir (L1). Üç nolu tüpe 9 mL saf su ve 1 mL standart askorbik asit çözeltisi konulmuştur. Dört nolu tüp içerisine ise 9 mL standart boya çözeltisi (L2) ve 1 mL standart askorbik asit çözeltisi ilave edilmiştir. 254 nm dalga boyuna ayarlanmış olan spektrofotometre 1 nolu tüp kullanılarak sıfırlanmıştır. L1 2 nolu tüp ile okuması yapılmıştır ve 3 nolu tüp kullanılarak spektrofotometre tekrar sıfırlanmıştır. Sonra 4 nolu tüp ile L2 okuması yapılarak her bir standart askorbik asit çözeltisi için ayrı ayrı L2 ve (L2-L1) değerleri daha sonra ise kurve faktörü hesaplanmıştır.

Yapılan analizde havuç suyu örneğinden bir beher içerisine 25 mL alınarak örnek % 0.4'lük okzalik asitle 50 mL'ye tamamlanmış ve kaba filtre kağıdından süzölmüştür. İki ayrı tüpe de filtre kağıdından süzölmüş 1'er mL çözelti alınmıştır. Örneklerden birine 9 mL boya çözeltisi diğerine ise 9 mL saf su eklenmiştir. Okunan değer formüle konularak askorbik asit içeriği hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam askorbik asit miktarı (\%)} = \frac{(L_2 - L_1) \text{kurve faktörü}}{DF \ 100} \quad (3.6)$$

3.2.3.10 Karotenoid Bileşenler Tayini

Havuçların karotenoid dağılımının belirlenmesinde 3 aşamadan (ekstraksiyon, tanımlama ve hesaplama) oluşan HPLC yöntemi uygulanmıştır.

Ekstraksiyon: Bu amaçla, Sadler ve ark. (1990) tarafından ortaya konulan, tarafımızdan örnek hazırlama aşaması, ekstraksiyon ve elüsyon profilinde bazı değişiklikler yapılmış olan yöntem kullanılmıştır. Taze havuçların liyofilizasyonu ile elde edilen liyofilize örnekten ± 0.001 g duyarlılıkla 1 g, havuç için hazırlanan kitleden 5 g örnek doğrudan polikarbonattan yapılmış santrifüj tüplerine tartılıp, üzerine 0.2 g CaCO_3 eklenerek ortam nötralize edilmiştir. Tartılan örnek kitlesi üzerine metanol ve tetrahidrofuran (THF)'den (50:50, v/v) oluşan ekstraksiyon çözeltisinden 50 mL eklenip, tüpler orbital bir çalkalayıcıda 250 rpm'de 30 dak süreyle çalkalanmış ve bunu takiben 30 dak süreyle ultrasonik bir banyoda ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu sürenin sonunda karışım $+4^\circ\text{C}$ 'de $10\,000\times g$ 'de 15 dak süreyle santrifüjlenerek berrak bir çözelti elde edilmiştir. Supernatant (sıvı kısım) yani karotenoidleri içeren çözelti $0.45\ \mu\text{m}$ gözenek çapındaki teflon filtreden filtre edilerek, HPLC'nin oto örnekleme ünitesinde kullanılan amber renkli 2 mL'lik cam şişelere alınmış ve bekletilmeden HPLC'ye enjekte edilmiştir.

Tanımlama ve Hesaplanma: Havuçlarda karotenoidlerin tanımlanması ve miktarının hesaplanmasında HPLC cihazından yararlanılmıştır.

Kromatografi koşulları

- Kolon : Ters faz C30 kolonu (250 x 4.6, 5 μm)
- Koruyucu kolon : C30 koruyucu kolon (10 x 4.6 mm, 5 μm)
- Akış hızı : 1.0 mL/dak
- Elüsyon süresi : 35 dak.
- Enjeksiyon hacmi : 50 μL
- Dalga boyu : 450 nm

- Kolon sıcaklığı : 30°C

Hareketli faz (mobile phase): %100 metanol (A) ile %100 tersiyer bütülmeter (MTBE) (B) karışımı. Gradyent akış söz konusu olup, Çizelge 3.1’de verilen elüsyon profili uygulanmıştır.

Çizelge 3.1. Karotenoidler için uygulanan elüsyon profili

<u>Süre (dak)</u>	<u>%A</u>	<u>%B</u>
0	60	40
10	60	40
30	20	80
35	60	40
40	60	40

Kromatogramda saptanan karotenoid pikleri, standart maddelerin geliş süreleri ve PDA dedektörü yardımıyla elde edilen UV spektrumlarının karşılaştırılmasıyla tanımlanmıştır, örnekteki karotenoid miktarı ise, karotenoid standartları ile oluşturulan standart eğrilerden hesaplanmıştır. Havuç örneklerindeki karotenoid madde miktarları ise, kuru madde bazında, örneğin seyreltme faktörü dikkate alınarak belirlenmiştir.

3.2.3.11 Fenolik Bileşenlerin Tayini

Araştırmada, HPLC ile fenolik madde tayini yapılmış ve bu amaçla Justesen vd. (1997) tarafından ortaya konulan ekstraksiyon yöntemi modifiye edilerek uygulanmıştır. Uygulanacak akış profili ve yürütücü faz seçiminde ise birçok deneme yapılmış ve en iyi sonuç veren uygulama seçilerek örneklerdeki fenolik bileşenlerin miktarı belirlenmiştir. Fenolik bileşenlerin analizi sırasında uygulanan ekstraksiyon yöntemi Şekil 4.6’da akış profili ise Çizelge 4.2’de verilmiştir.

5 mL örnek + 10 mL metanol (%80)



Ultrasound (10 dak oda sıcaklığı)



Santrifüj (4000 rpm'de 10 dak 4°C)



0.45 µm teflon filtreden filtre edilir



HPLC cihazına enjekte edilir.

Şekil 3.7. Fenolik bileşenlerin ekstraksiyon yöntemi

Çizelge 3.2. Fenolik bileşenler için mobil faz gradiyent programı

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 aşağıdaki gibidir;

Kolon: XTERRA RP 18 5 μ M 4.6×250

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 μ L

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

3.2.3.12 Organik Asitlerin Tayini

Havuçların organik asit kompozisyonu, HPLC yöntemiyle iki aşamadan (saflaştırma ve tanımlama-hesaplama) oluşan uygulama sonucunda belirlenmiş olup bu aşamalar aşağıdaki gibidir (Skrede vd, 2000).

Örneğin analize hazırlanması

Liyofilize havuç kitlesinden 1 g örnek alınarak 14 mL damıtık su içinde, homojen haldeki havuç kitlesinden ise 5 g örnek alınarak 45 mL damıtık su içinde 1 gün süreyle +4°C'de rehidrasyona bırakılmıştır. Bu karışım, daha sonra yüksek devirli blenderda homojenize edildikten sonra, kaba filtre kağıdından geçirilmiştir. Elde edilen filtrat, 0.45 μ m gözenek çaplı PVDF filtreden (Millipore, Bedford, MA, A.B.D) filtre edilerek analizde kullanılmıştır.

Saflaştırma (Katı faz ekstraksiyonu)

Organik asitlerin belirlenmesinde saflaştırma işleminin ilk aşamasında C₁₈ SEP-Pak kartuşları önce 5 mL etil asetat, daha sonra 5 mL metanol (% 0.01 HCl içerecek şekilde asitlendirilmiş) ve nihayet 2 mL asitlendirilmiş su ile elüe edilmiştir.

Bu elüsyon ile organik asitler, şekerler ve suda çözünür diğer bileşikler elüe edilirken, antosiyoınler ve diğer polifenoller kartuş üzerinde sorbente bağlanmıştır. Böylece, organik asit dağılımının belirlenmesinde kullanılan dalga boyunda interferans yapan polifenoller havuç ekstraktından uzaklaştırılmıştır. Elde edilen ekstraktlar, 0.22 µm tek kullanımlık teflon (PTFE, polytetrafloroetilen) filtrelerden filtre edilerek HPLC cihazına enjekte edilmiştir.

Kromatografi koşulları

Kolon: REZEX ROA-Organik asit kolonu, (300×7.8 mm), Phenomenex

Koruyucu Kolon: Carbo-H, (4.0×3.0 mm), Phenomenex

Akış hızı: 0.35 mL/dak

Elüsyon süresi: 30 dak

Enjeksiyon hacmi: 50 µL

Dalga boyu: 210 nm

Hareketli faz: 0.005 N H₂SO₄ çözeltisi, izokratik akış

Kolon sıcaklığı: 45°C

Organik asitlerin UV spektralarının nerdeyse aynı olması nedeniyle, organik asitlerin tanımlanmalarında, standartların UV spektraları ile örneğe ait ekstraktaki piklerin UV spektralarının karşılaştırılması yoluyla tanımlama yapılamamaktadır. Elde edilen piklerin tanımlanmasında, hem standart maddelerin geliş süresinden yararlanılmış hem de örneğe standart madde ilave ederek pik alanındaki artış dikkate alınarak tanımlama yapılmıştır. Örnekteki organik asitlerin miktarı, standart maddelerin her biri için oluşturulan en az 7 veriye dayalı olarak hazırlanan standart eğriden hazırlanmıştır.

3.2.4 Mikrobiyolojik Analizler

Uygulama öncesi (kontrol) ve sonrası havuçlardan alınan örnekler % 0.1 peptonlu su ile seyreltilerek uygun dilüsyonlardan 0.1 mL alındıktan sonra toplam mezofilik aerobik bakteri için plate count agar (PCA), toplam maya küf için potato dektroz agar (PDA), toplam koliform için violet red bile agara (VRBA) yayma yöntemi ile ekim yapılarak PDA petrileri oda sıcaklığında 3-5 gün PCA ve VRBA petrileri ise 35°C'de 24-48 saat inkübasyona bırakılmıştır. Gecelik hazırlanan *S.Typhimurium* kültürü 10^6 - 10^7 kob/mL seviyesinde inoküle edildikten sonra proses önce ve sonrası alınan örneklerden alınan uygun dilüsyonlar ksiloz lizin dezoksikolat (XLD) agara ekim yapılmış ve petriler 35°C'de 24-48 saat inkübasyona bırakılmıştır. *E. coli* O157:H7 inaktivasyonu için yukarıdaki işlemler tekrar edilmiş fakat Mc Conkey Sorbitol Agar (MSA) kullanılmıştır.

3.2.5 Tekstür Analizi

3.2.5.1 Tekstür Profil Analizi (TPA)

Havuç numunelerinin tekstürel özellikleri Tekstür Analiz Cihazı TA-XT2 (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) ile belirlenmiştir. Havuçlar dikkatlice (15 × 15 mm) kesilerek parçalara ayrılmış ve her havuç için en az on ölçüm yapılmıştır. TPA analizi koşulları aşağıdaki gibidir;

P/100; 100 mm sıkıştırma silindir probu

Temas alanı: 7853.98 mm²

Belirleme değeri: 200 pps

Test süresi: 150 s

Test hızı: 2 mm/s

Aralık: 16 mm

Dönüş aralığı: 10 mm

Dönüş hızı: 10 mm/s

Temas kuvveti: 1g

3.2.5.2 Kesme Testi

A/ECB; Uzayan maket bıçağı

Temas alanı: Belirtilmemiş

Belirleme değeri: 200 pps

Test süresi: 150 s

Test hızı: 1.5 mm/s

Aralık: 15 mm

Dönüş aralığı: 10 mm

Dönüş hızı: 10 mm/s

Temas kuvveti: 1g

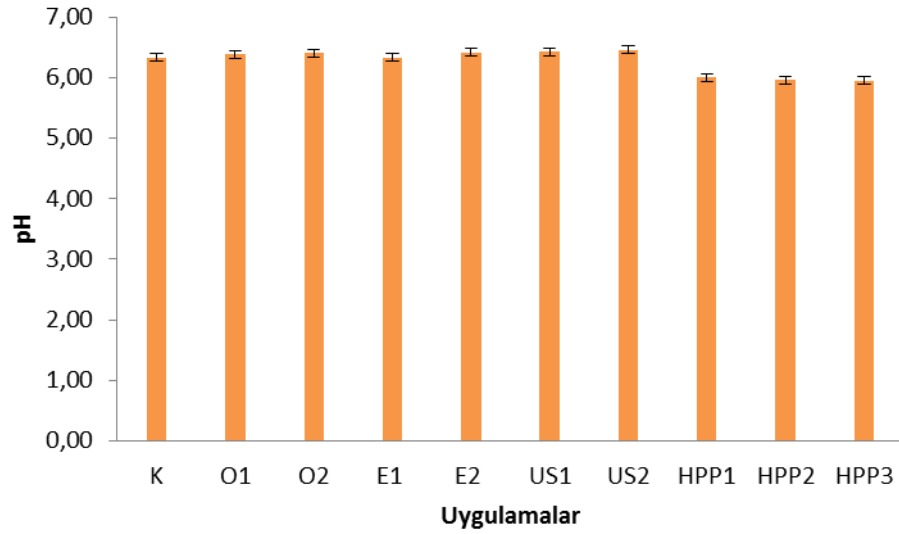
3.2.6 Verilerin İstatistiksel Analizi

Verilerin istatistiksel analizinde Minitab 17 programı kullanılmış ve uygulamaların, analizi yapılan özellikler üzerindeki etkisinin incelenmesi tek yönlü ANOVA, aralarındaki farklılıklar ise Tukey çoklu karşılaştırma testleri ile gerçekleştirilmiştir (alfa 0.05). Her bir deney en az üç kez tekrarlanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Ozon, Ultrasonikasyon, Elektrodialize Su ve Yüksek Basınç Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

Ozon (O), ultrasonikasyon (US), elektrodialize su (ES) ve yüksek hidrostatik basınç (HPP) uygulanan havuç yüzeylerinin uygulamalar öncesi ve sonrasında pH değerleri ölçülmüştür. Buna göre herhangi bir proses uygulanmamış kontrol örneklerinde ortalama pH değeri 6.33 ± 0.04 olarak belirlenmiştir. Havuç örneklerinin belirli prosesler altında pH değerleri 5.95 ± 0.02 ile 6.46 ± 0.02 arasında değişim göstermiştir ($p > 0.05$) (Şekil 4.1).

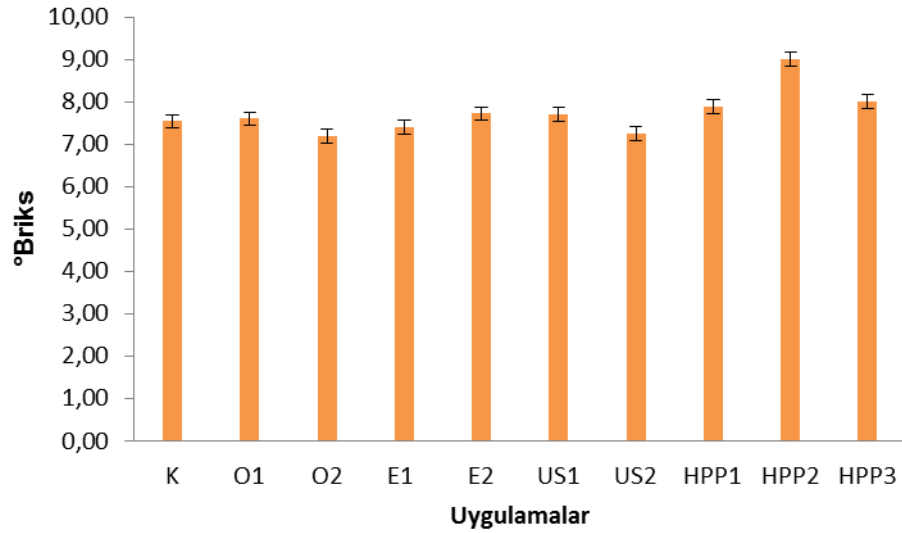


Şekil 4.1. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodialize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin pH değeri üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

Çalışmadaki sonuçlara bakıldığında K grubu pH değeri 6.33 ± 0.04 iken, HPP1, HPP2 ve HPP3 grupları pH değerlerinin sırasıyla 5.99 ± 0.00 , 5.95 ± 0.02 ve 5.95 ± 0.02 olduğu görülmektedir. Bu sebeble K grubu ile HPP1, HPP2, HPP3 grupları arasında istatistiksel açıdan fark görülmüştür ($p < 0.05$). Diğer taraftan K

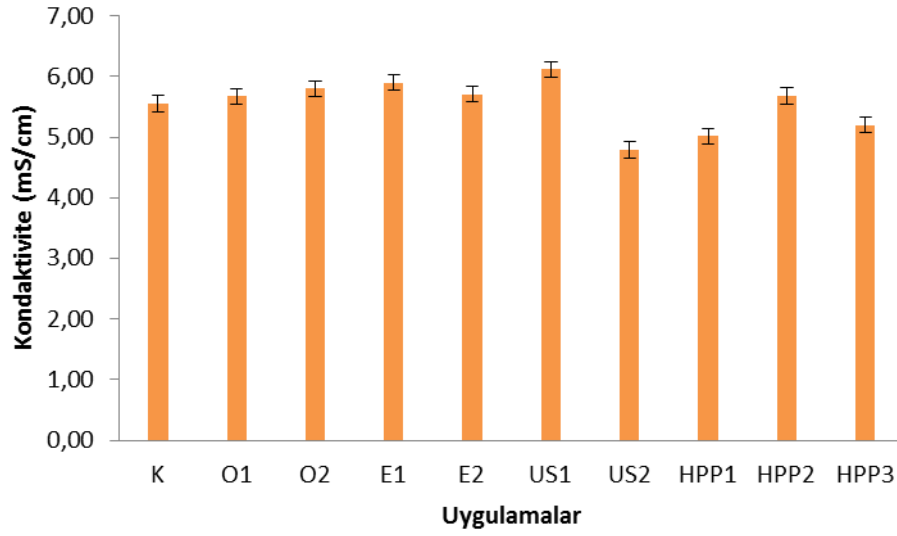
grubu diğer gruplarla kıyaslandığında önemli derecede fark görülmemiştir ($p > 0.05$) (Ek A.1). Literatür çalışmalarına baktığımızda yüksek basıncın gıdanın tekstüründe değişikliklere neden olması ve iyonik ayrışmaları artırması nedeniyle hızlı pH düşüşüne neden olabileceği söylenmektedir (Özlü, 2008). Çalışmada pH da öngörülen değişimler literatür sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.



Şekil 4.2. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin °Briks değeri üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak, 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

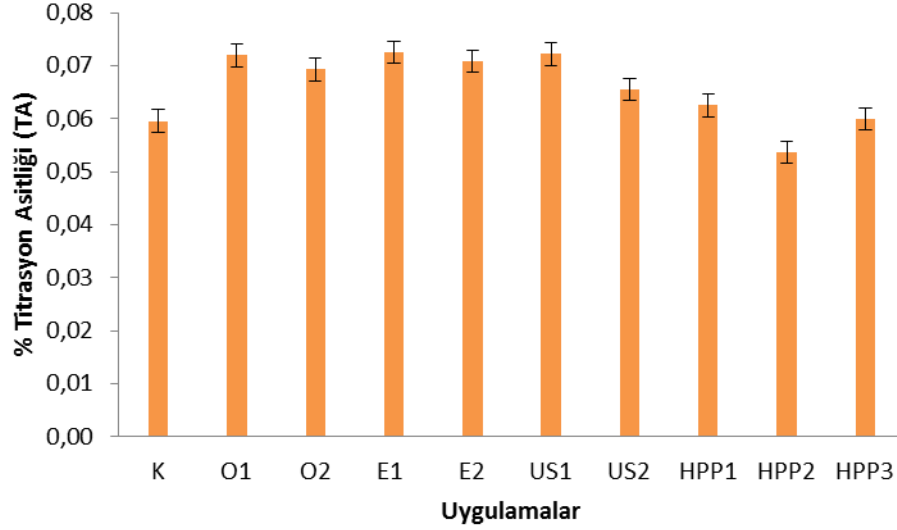
Havuçta örneklerinin °Briks değerleri incelendiğinde K grubunun °Briks değeri 7.54±1.16 olarak tespit edilmiştir. Uygulanan prosesler sonucu °Briks değeri 7.20±0.97 ile 9.00±0.00 değerleri arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.2). En düşük °Briks değeri O2 grubunda 7.20±0.97, en yüksek °Briks değeri HPP2 grubunda 9.00±0.00 gözlenmiştir. Gruplar arasında °Briks değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$) (EK A.2). °Briks değeri meyve sebzelerdeki başlıca şeker oranını temsil eden ve ürün kalitesini etkileyen bir faktördür (Kleinhenz ve Bumgarner, 2012). Yapılan bir çalışmada domates suyuna 20 kHz sabit frekansta 2-10 dak sonikasyon uygulanmış renk, askorbik asit değişimi ve maya inaktivasyonunda ultasonikasyonun etkisi incelenmiştir. pH, °Briks ve titrasyon asitliği açısından anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p > 0.05$) (Adekunte vd., 2010).



Şekil 4.3. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin kondaktivite değeri üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

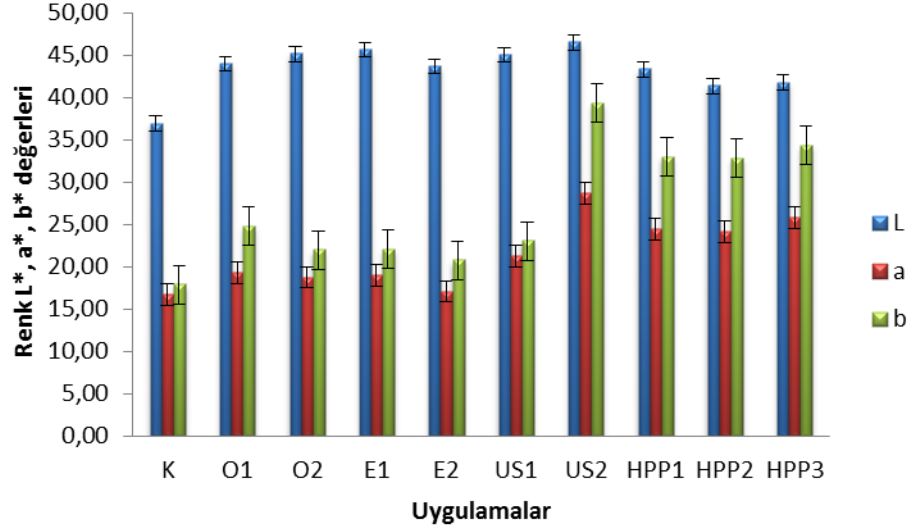
Kontrol örneklerinin kondaktivite değeri 5.54 ± 0.01 mS/cm bulunmuş ve örneklerin kondaktivite değerleri 4.79 ± 0.08 ile 6.11 ± 0.48 arasında değişim gözlenmiştir (Şekil 4.3). Uygulanan prosesleri kontrol grubuyla kıyasladığımızda istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$) (Ek A.3).



Şekil 4.4. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodialize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin titrasyon asitliği değeri üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

Kontrol örneğinin titrasyon asitliği (TA) değeri % 0.06±0.02 bulunmuş ve örneklerin titrasyon asitliği değerleri % 0.05±0.00 ile 0.07±0.00 arasında değişim gözlenmiştir (Şekil 4.4). Gruplar arasında titrasyon asitliği değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$) (Ek A.4)

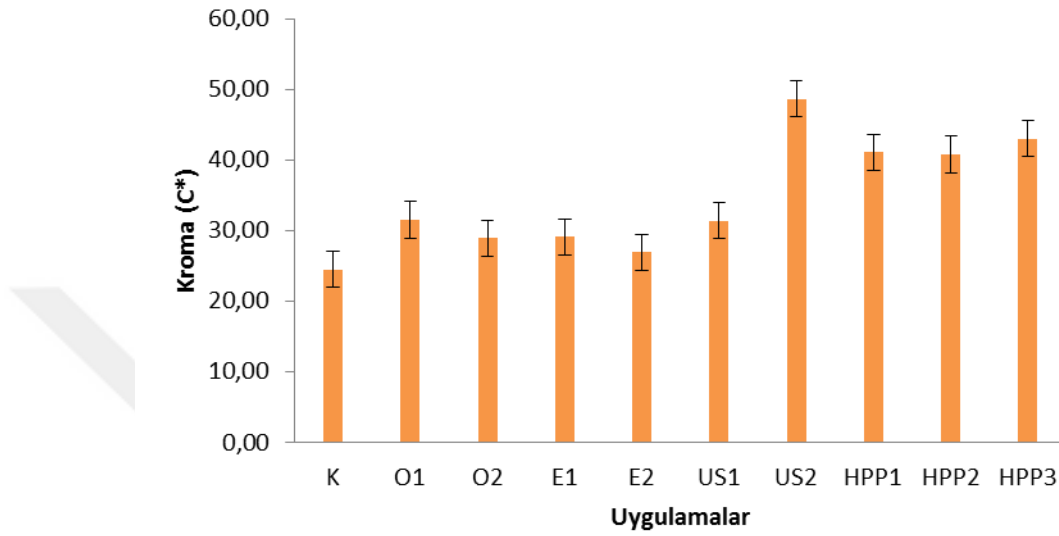


Şekil 4.5. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin L*, a*, b* değerleri üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

Uygulanan proseslerin havuç yüzeyindeki renk değişimini incelemek üzere L*, a*, b* ölçümleri gerçekleştirilmiştir. L* değeri 36.90±0.68 ile 46.48±2.82 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.5), kontrol örnekleriyle kıyaslandığında istatistiksel olarak önemli derecede farklılık gözlenmiştir ($p < 0.05$) (Ek A.5). En yüksek L* değeri US2 grubunda 46.48±2.82 olarak gözlenmiştir. Kırmızılık-yeşillik (a*) değeri ise 16.72±1.24 ile 28.64±5.25 arasında değişim göstermiştir. K grubu 16.72±1.24, US2 grubu 28.64±5.25 bulunmuş ve aralarında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p < 0.05$). b* değerine baktığımızda 17.88±1.07 ile 39.28±7.86 arasında değişim göstermiştir. K grubu 17.88±1.07, US2 grubu 39.28±7.86 olup, aralarında istatistiksel olarak farklılık gözlenmiştir ($p < 0.05$). Ayrıca HPP3 grubu da 34.36±10.77 olup K grubuyla kıyaslandığında istatistiksel açıdan farklı olduğu bulunmuştur ($p < 0.05$). Renk çoğu sebzenin tazeliğini karakterize eden ana özelliklerden biridir. Taze ürünlerin enzimatik esmerleşme ile kararması raf ömrünü ve pazarlanabilirliği sınırlayan bir faktördür. Tüm uygulamalar L* değerinde artışa sebep olmuştur. L* değeri yani parlaklıktaki artış, havuç yüzeyindeki beyazlığın arttığının veya esmerleşmenin olmadığına bir göstergesi olabilir (Rico vd., 2007). Yapılan bir çalışmada marul, domates ve havuçta

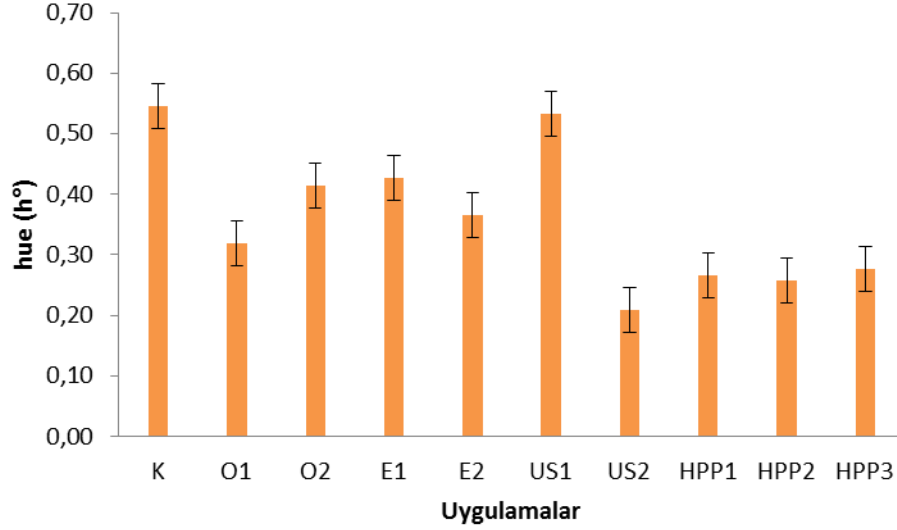
dezenfeksiyon yöntemleri incelenmiş havuçta 5 ppm ozon uygulaması sonucu renk parametrelerinden L* değerinde K grubuna göre artış gözlemlenmiştir. Ayrıca havuç yüzeyindeki renk değişikliğinin ozonun karotenoidler üzerindeki oksidatif etkisinden de kaynaklanabileceği öngörülmektedir (Bermudez-Aguirre ve Barbosa-Cànovas, 2012).



Şekil 4.6. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodialize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin kroma (C*) değerleri üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

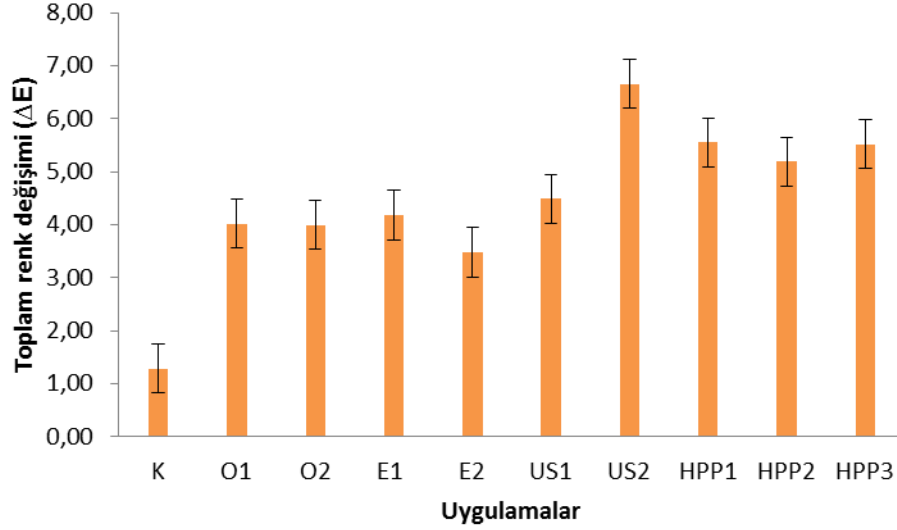
Renk doygunluğu olan kroma (C*) değerleri incelendiğinde 24.49±1.47 ile 48.62±9.43 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.6) (Ek A.6). K grubu 24.49±1.47, US2 grubu 48.62±9.43 olup; aralarında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p < 0.05$). US2 uygulamasının havuçta parlaklığı artırdığı görülmüştür. Yapılan bir çalışmada ultrasonik ses dalgalarının tavuk göğüs ve but etleri üzerine etkisi incelenmiş, çalışmamızda olduğu gibi renk parametrelerinden kroma (C*) değerinin süre artışıyla birlikte arttığı gözlenmiştir (Ünal, 2012).



Şekil 4.7. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin hue (h°) değerleri üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

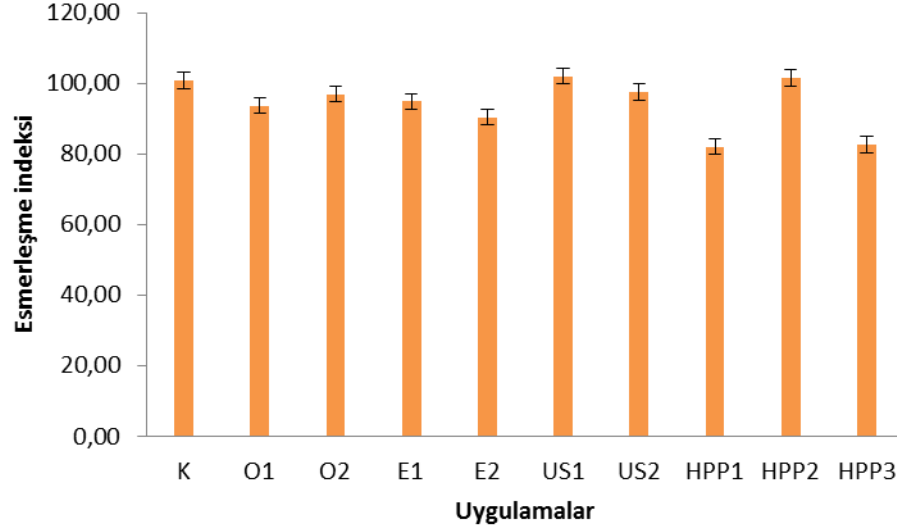
Renk tonunu ifade eden hue (h°) değerleri ise 0.20 ± 0.04 olan US2 değeri ile 0.54 ± 0.08 olan K grubu arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.7) ($p < 0.05$). HPP1, HPP2 ve HPP3 değerleri sırasıyla 0.26 ± 0.15 , 0.25 ± 0.15 ve 0.27 ± 0.13 olarak tespit edilmiştir (Ek A.7). K grubuyla kıyasladığımızda US2, HPP1, HPP2 ve HPP3 değerleri arasında istatistiksel olarak farklar gözlenmiştir ($p < 0.05$). Hue değerinin 0° olması kırmızı, 90° olması sarı, 180° olması yeşil ve 270° olması mavi rengi ifade etmektedir (Veberic vd., 2010). Sonuçlara baktığımızda uygulamalar arası önemli farklar olmaksızın hue değerlerinin kırmızı tonlarına yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 4.8. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin toplam renk değişimi (ΔE) değerleri üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33,6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8,5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

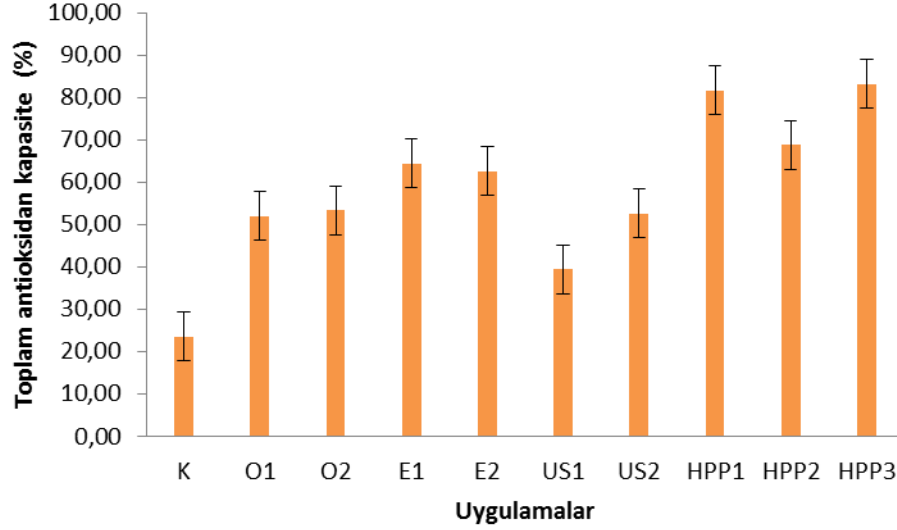
Toplam renk değişimi (ΔE) değerleri incelendiğinde en düşük değer K grubunda tespit edilen $1,27 \pm 0,87$ iken en yüksek değer olarak US2 grubunda $6,65 \pm 1,00$ olarak saptanmıştır (Şekil 4.8). K grubu ve E2 grubunun toplam renk değişimi arasında istatistiksel açıdan önemli derecede fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). O1, O2, E1, US1, US2, HPP1, HPP2 ve HPP3 gruplarının toplam renk değişimi (ΔE), K grubunun toplam renk değişimine göre istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ($p < 0,05$). Tabloya baktığımızda özellikle O, ES ve HHP uygulamalarının havuçta toplam renk değişiminde etkin rol oynadığı görülmektedir (Ek A.8). Havuçlarla yapılan bir çalışmada hasat sonrası hastalıklarda depolama sıcaklığı ve ozonun etkisi incelenmiş ozon konsantrasyonundaki artış ile birlikte toplam renk değişiminde de artışlar söz konusu olmuştur (Liew ve Prange, 1994). Yaptığımız çalışma ile literatürde belirtilen sonuçlar paralellik göstermiştir.



Şekil 4.9. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodialize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin esmerleşme indeksi değerleri üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

Esmerleşme indeksi değerleri K grubunda 100.79 ± 5.64 bulunmuştur (Şekil 4.9). Havuç örneklerinde esmerleşme indeksi değerleri en düşük HPP1 grubunda 82.09 ± 15.66 , en yüksek US1 grubunda 102.03 ± 5.02 olarak bulunmuştur (Ek A.9). Gruplar arası istatistiksel açıdan önemli derecede farklılıklar gözlenmemiştir ($p > 0.05$).

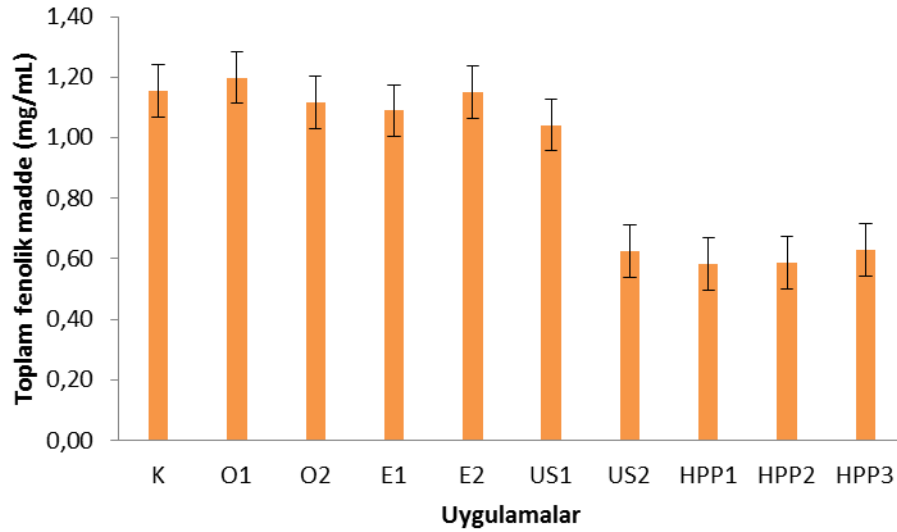


Şekil 4.10. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin toplam antioksidan kapasite değerleri (%) üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

Proseslerin havuçtaki toplam antioksidan kapasitesi (%) değerleri üzerine etkisi incelendiğinde kontrol grubunun toplam antioksidan kapasitesi 23.63±1.88 mg/mL olarak ölçülmüştür (Şekil 4.10). Uygulanan prosesler sonucunda toplam antioksidan kapasite değerleri, en düşük değer K grubunda 23.63±1.88 mg/mL olarak tespit edilirken en yüksek değer HPP3 grubunda 83.21±6.51 mg/mL olarak ölçülmüştür (Ek A.10). Uygulanan prosesler kendi aralarında istatistiksel olarak önemli derecede farklılıklar göstermemiştir ($p > 0.05$). Fakat, uygulanan prosesler kontrol grubuyla kıyaslandığında E1, E2 ve HPP1, HPP2 ve HPP3 grupları istatistiksel açıdan farklılıklar göstermiştir ($p < 0.05$). Yapılan bir çalışmada yabanmersinine ozon uygulaması yapılmış antioksidan kapasitesi (%) açısından önemli bir değişim göstermemiştir ($p > 0.05$) (Song vd., 2003). Bir diğer çalışmada havuç suyuna uygulanan yüksek basınç uygulaması (100-800 MPa, 30-65°C, maks. 90 dak) ile antioksidan kapasite değeri artmış, fakat havuç suyunun antioksidan kapasitesi değerinin 40°C üzeri sıcaklık ve artan basınçla azaldığı görülmüştür (Indrawati vd., 2004). HPP gruplarının gıda matrisini etkilemesi mümkündür. Bu sebeple HPP'nin antioksidanlar üzerindeki etkisi incelendiğinde uygulama sonrasında hücre duvarlarının bozulmasından ötürü hücre dışı çevreye

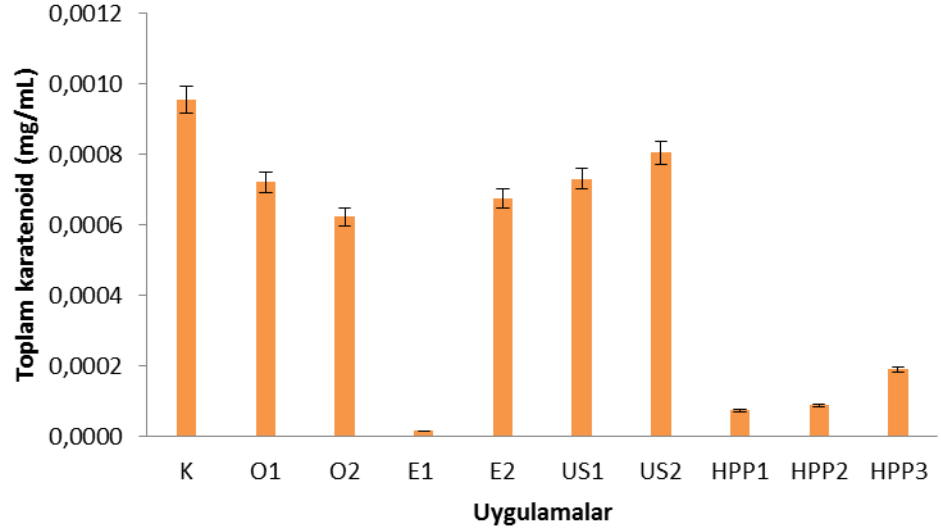
antioksidanların salınması sebebiyle toplam antioksidan kapasitesinde bir artış olabileceği belirtilmiştir (Briones-Labarca vd., 2011a, 2011b).



Şekil 4.11. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin toplam fenolik madde miktarı (mg/mL) üzerine etkisi.

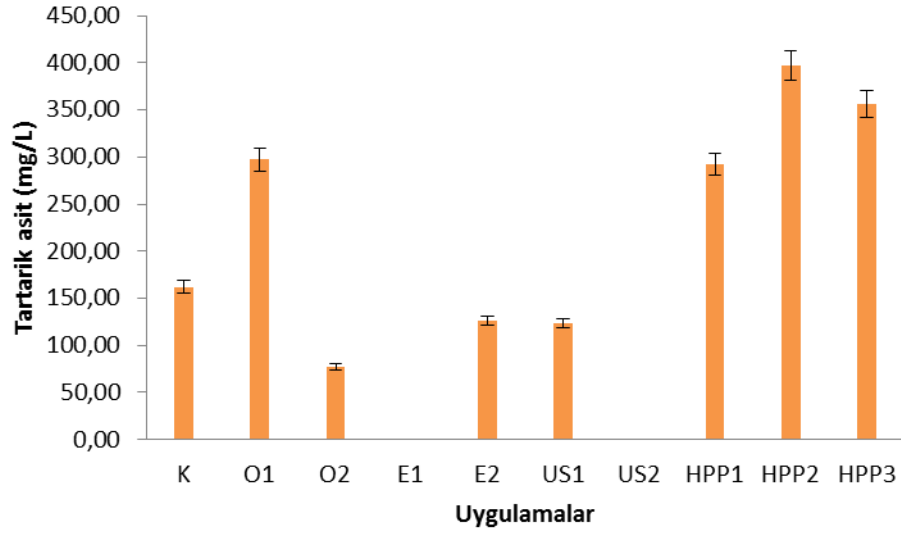
* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

Uygulanan proseslerin havucun fenolik madde miktarı üzerine etkisi incelendiğinde kontrol grubunun fenolik madde miktarı 1.15±0.38 mg/mL olarak ölçülmüştür (Şekil 4.11). Toplam fenolik madde miktarı HPP2 grubunda 0.58±0.02 mg/mL ile O1 grubunda 1.19±0.48 mg/mL arasında değişim göstermiştir. Gruplar arası istatistiksel açıdan önemli derecede farklılıklar gözlenmemiştir ($p > 0.05$) (Ek A.11).



Şekil 4.12. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun toplam karotenoid miktarı (mg/mL) üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s



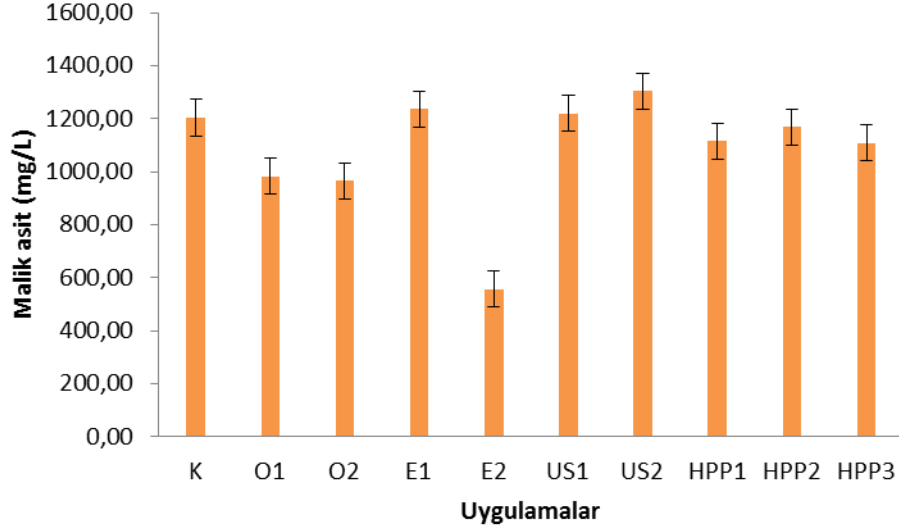
Şekil 4.13. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun tartarik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

Toplam karotenoid miktarı kontrol grubunda 0.001 ± 0.00 mg/mL olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.12). Uygulanan tüm prosesler hem kendi aralarında hem de kontrol grubuyla kıyaslandığında istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Tabloya bakıldığında genel olarak tüm uygulamaların havuca turuncu rengini veren karotenoid miktarında düşüşe sebep olduğu görülmektedir. Yapılan bir çalışmada da şeftali, havuç ve domateslere ozon uygulaması sonucu toplam karotenoid miktarında azalma görüldüğü ve renk açılmasına sebep olduğu söylenmiştir (Tetik vd., 2006).

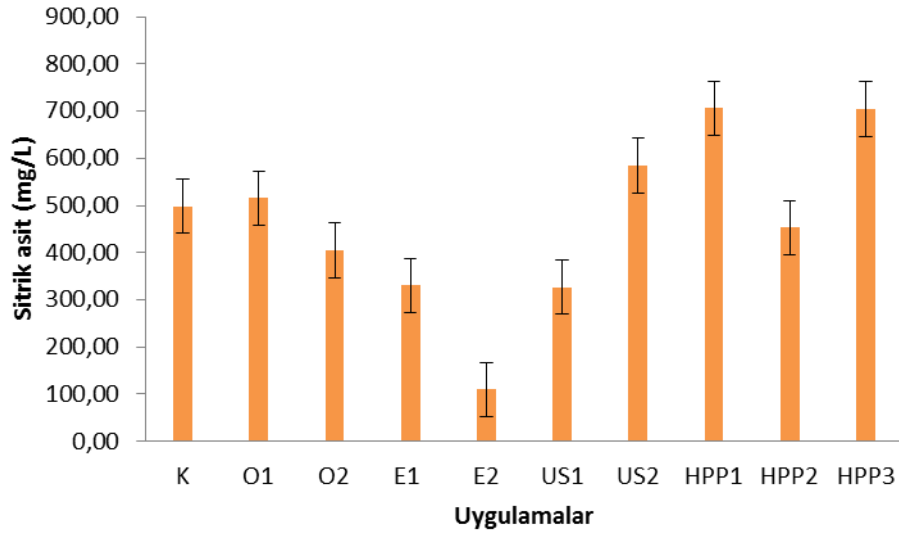
Uygulanan proseslerin havucun tartarik asit miktarı üzerine etkisi incelendiğinde kontrol grubunun tartarik asit miktarı 162.12 ± 1.31 mg/L olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.13). Ölçülen tartarik asit miktarı 0.11 ± 0.00 mg/L ile 396.88 ± 45.23 mg/L değerleri arasında değişim göstermiştir. O, ES ve US uygulamalarının farklı sürelerde uygulamaları arasında istatistiksel açıdan farklılıklar bulunmuş ($p < 0.05$); fakat uygulanan yüksek basınç örnekleri arasında ise istatistiksel açıdan önemli derecede farklar tespit edilmemiştir ($p > 0.05$). On beş dakikalık O ve US uygulamaları ile pH 10 da uygulanan ES tartarik asit miktarında azalmaya sebep olmuştur ($p < 0.05$). Organik asitler doğal olarak meyve ve sebzelerde bulunur veya fermentasyon sonucu mikroorganizmalar tarafından sentezlenir. Meyve sebzelerde bulunan organik asitler antimikrobiyel etkisi sebebiyle önemlidir. Ayrıca organik asitler lezzet, görünüş ve aromayı etkileyen en önemli faktörlerdendir (Eswaranandam vd., 2004). Bu sebeplerden ötürü HHP gruplarının tartarik asit miktarında daha iyi bir sonuç gösterdiği ve en etkili uygulama olduğu düşünülmektedir.

Analiz edilen malik asit miktarları incelendiğinde kontrol grubunun malik asit miktarı 1203.42 ± 10.29 mg/L olarak bulunmuştur (Şekil 4.14). Malik asit miktarı E2 grubunda 555.46 ± 449.90 mg/L ile US2 grubunda 1304.25 ± 96.60 mg/L arasında değişim göstermiştir (Ek A.14). E2 grubu E1 grubu ve diğer gruplarla kıyaslandığında istatistiksel açıdan önemli derecede farklılık göstermiştir ($p < 0.05$). Diğer gruplar arasında önemli derecede farklılıklar gözlenmemiştir ($p > 0.05$).



Şekil 4.14 Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun malik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.

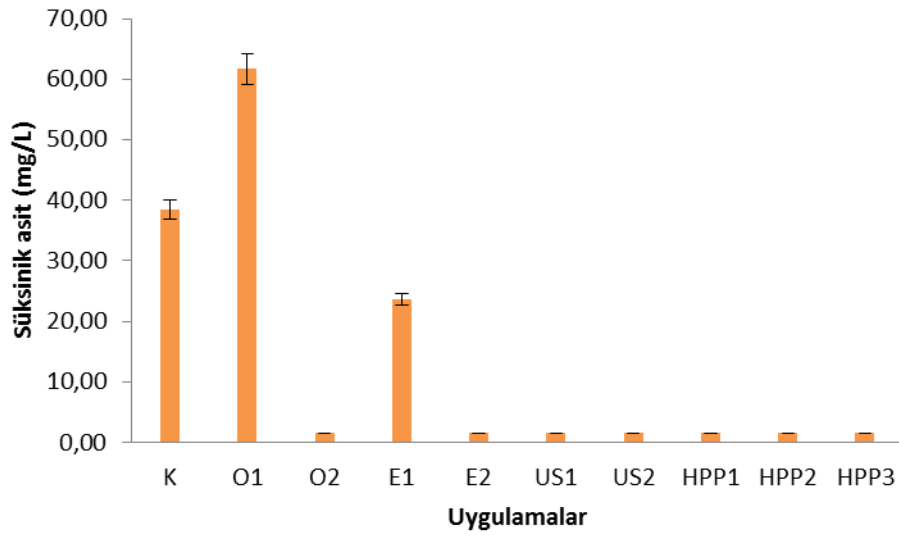
* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s



Şekil 4.15. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun sitrik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

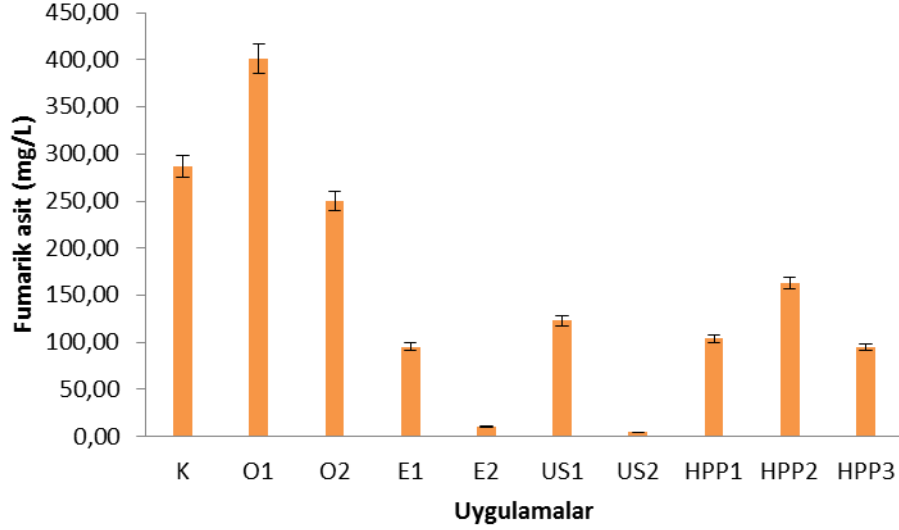
Uygulanan proseslerin havucun sitrik asit miktarları üzerine etkisi incelendiğinde kontrol grubunun sitrik asit miktarı 498.15 ± 5.34 mg/L olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.15). Analiz edilen sitrik asit miktarı E2 grubunda 109.52 ± 70.45 mg/L ile HPP1 grubunda 705.87 ± 25.86 mg/L arasında değişim göstermiştir (Ek A.15). Sitrik asit miktarları incelendiğinde ES, US ve HHP uygulamaları arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar görülmüştür ($p < 0.05$). Farklı sürelerde uygulanan ozon uygulamaları arasında anlamlı derecede farklılıklar gözlenmemiştir ($p > 0.05$).



Şekil 4.16. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun süksinik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m^3 , O2: 15 dak 101 g/m^3 , E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

Yapılan analiz sonucu süksinik asit miktarı incelendiğinde kontrol grubu 38.48 ± 1.40 mg/L olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.16). Süksinik asit miktarı 1.54 ± 0.00 mg/L ile 61.66 ± 10.03 mg/L arasında değişim göstermiştir (Ek A.16). Farklı sürelerde uygulanan ozon ile farklı pH' larda uygulanan elektrodiyalize su grupları arasında istatistiksel açıdan farklılıklar tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Ultrasonikasyon ve yüksek basınç grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunmamıştır ($p > 0.05$).



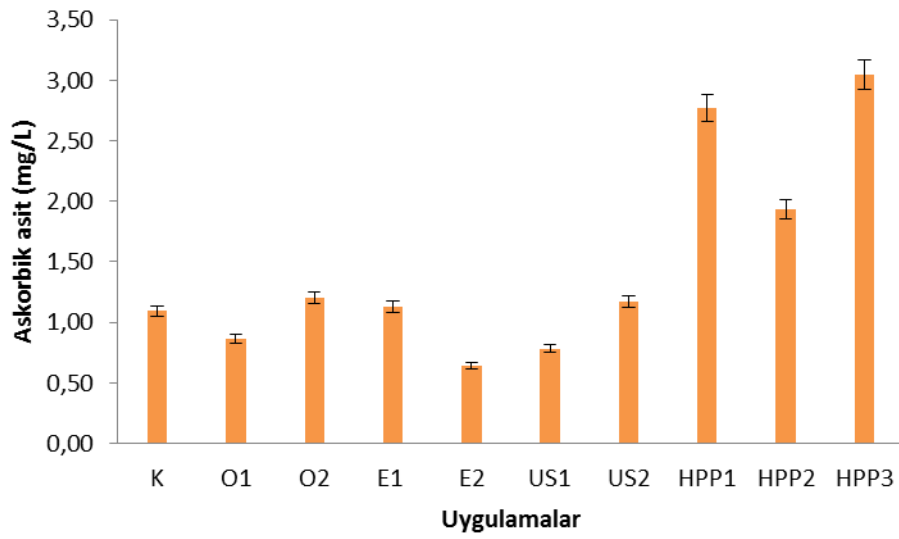
Şekil 4.17 Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun fumarik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

Fumarik asit miktarlarına bakıldığında kontrol grubunda fumarik asit 287.13 ± 3.53 mg/L olarak ölçülmüştür (Şekil 4.17). Ölçülen fumarik asit miktarları 4.45 ± 2.69 mg/L ile 401.21 ± 4.64 mg/L arasında değişim göstermiştir (Ek A.17). O, ES ve US grupları kendi aralarında kıyaslandığında istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). HHP örnekleri ise kendi aralarında kıyaslandığında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar gözlenmemiştir ($p > 0.05$).

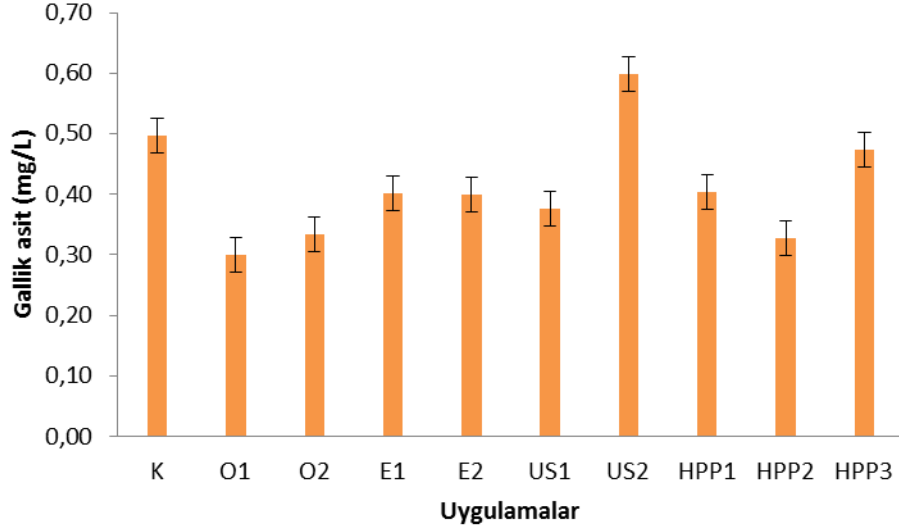
Uygulanan proseslerin havucun askorbik asit (C vitamini) değerleri üzerine etkisi incelendiğinde kontrol grubunun askorbik asit değeri 1.09 ± 0.02 mg/L olarak tespit edilmiştir. Askorbik asit değerleri E2 grubunda 0.64 ± 0.04 mg/L ile HPP3 grubunda 3.04 ± 0.15 mg/L arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.18) (Ek A.18). HPP uygulanan örneklerden HPP1 grubu HPP2 ve HPP3 gruplarıyla kıyaslandığında istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Bununla birlikte O, US ve ES uygulanan gruplarda istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmemiştir ($p > 0.05$). Yapılan bir çalışmada sulu fazda ozon uygulanan havuçlarda askorbik asit miktarında bir değişim olmadığı belirtilmiştir (Hassenberg vd., 2008). Yapılan başka bir çalışmada ise portakal suyunda askorbik asit değerlerinin, 350 MPa, 2.5 dak (30°C) yüksek basınç uygulaması sonrasında yüksek derecede korunduğu

gözenmiştir (Sánchez-Moreno vd., 2003). Yüksek basınç uygulamalarının askorbik asit miktarında iyi bir koruyucu etki gösterdiği görülmektedir. Askorbik asit suda çözünür olduğundan kolaylıkla okside olur ve sıcaklık değişikliklerinden hemen etkilenecek parçalanır, işleme sırasında ise çoğunlukla kaybolur. Bu nedenle işletmeler açısından meyve sebzelerdeki askorbik asidin korunması oldukça önemlidir (Sehrawat vd., 2016). HPP gruplarında görülen artışlar literatürde, HPP'nin hücre duvarını bozmasına bağlı olarak hücre dışına askorbik asit salınımının olmasıyla bu değerin artması şeklinde açıklanmıştır (Briones-Labarca vd., 2011a, 2011b).



Şekil 4.18 Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun askorbik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

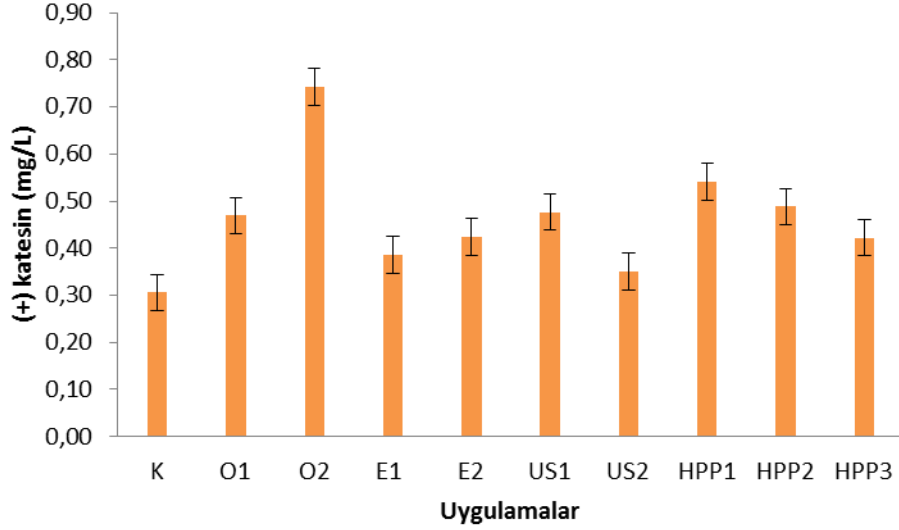


Şekil 4.19. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodialize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun gallik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

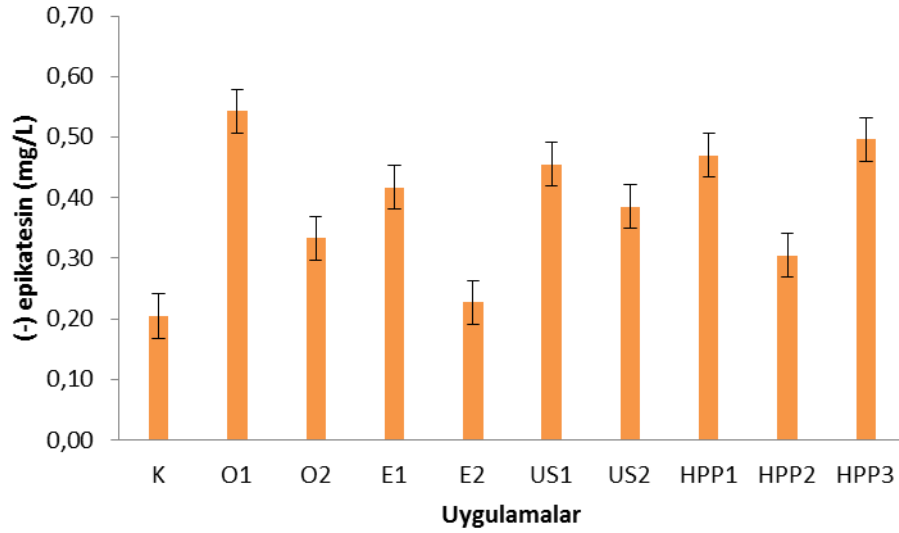
Gallik asit değerleri incelendiğinde kontrol grubunun askorbik asit değeri 0.49±0.01 mg/L olarak tespit edilmiştir. Gallik asit değerleri O1 grubunda 0.29±0.03 mg/L ile US2 grubunda 0.59±0.04 mg/L arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.19) (Ek A.19). Farklı sürelerde uygulanan US1 ve US2 uygulamaları kıyaslandığında istatistiksel açıdan farklılıklar görülmüştür ($p < 0.05$). Ayrıca HPP2 ve HPP3 grupları arasında da istatistiksel açıdan farklılıklar gözlenmiştir ($p < 0.05$). O ve ES grupları arasında ise istatistiksel açıdan farklılık gözlenmemiştir ($p > 0.05$).

Yapılan analiz sonucu (+) katesin miktarları incelendiğinde kontrol grubunun (+) katesin miktarı 0.30±0.00 mg/L olarak ölçülmüştür. (+) Katesin miktarı K grubunda 0.30±0.00 mg/L ile O2 grubunda 0.74±0.10 mg/L arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.20) (Ek A.20). On beş dak uygulanan O2 uygulaması 5 dak uygulanan O1 uygulaması ve kontrol grubuyla kıyaslandığında istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). ES, US ve HPP grupları arasında istatistiksel açıdan farklılık gözlenmemiştir ($p > 0.05$).



Şekil 4.20. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun (+) katesin miktarı (mg/L) üzerine etkisi.

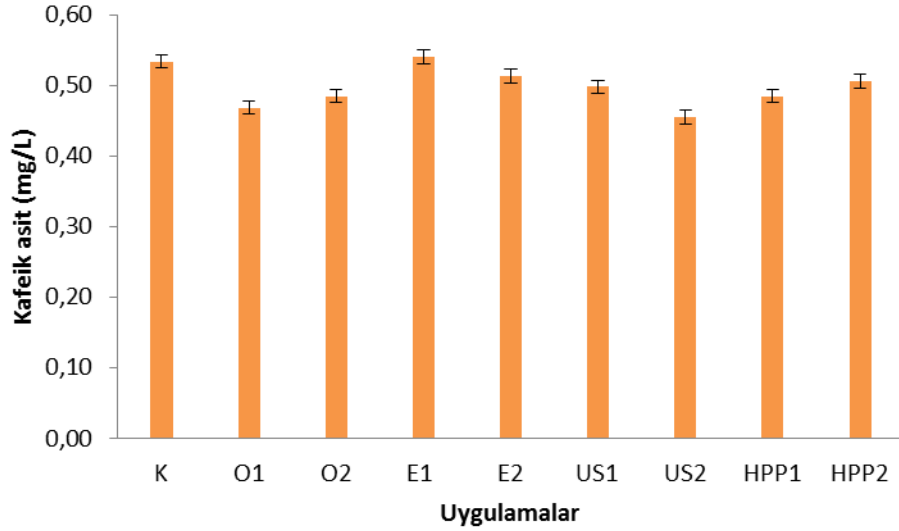
* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s



Şekil 4.21. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun (-) epikatesin miktarı (mg/L) üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

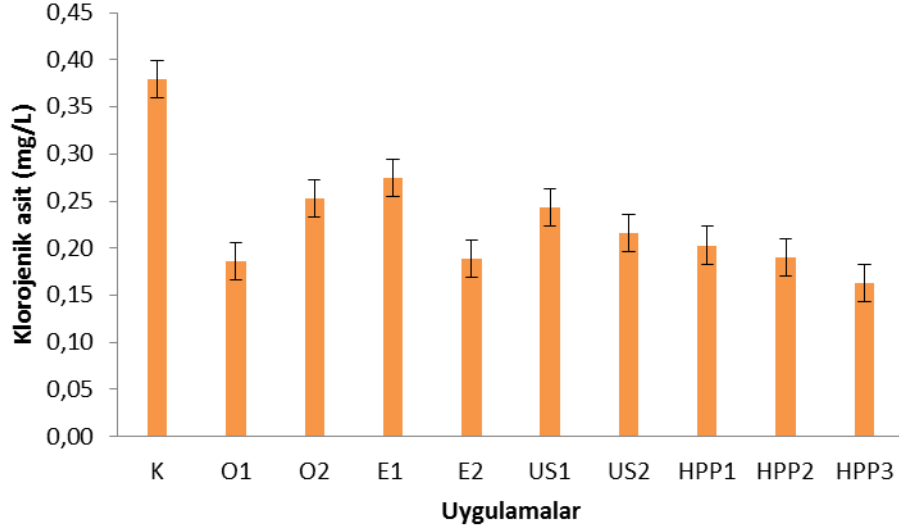
Uygulamalar sonucu (-) epikatesin miktarları incelendiğinde kontrol grubunun (-) epikatesin miktarı 0.20 ± 0.05 mg/L olarak ölçülmüştür. (-) Epikatesin miktarları K grubunda 0.20 ± 0.05 mg/L ile O1 grubunda 0.54 ± 0.32 mg/L arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.21) (Ek A.21). O1 ve HPP3 grubu K grubuyla kıyaslandığında istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Diğer taraftan gruplar kendi aralarında istatistiksel açıdan farklılık göstermemiştir ($p > 0.05$).



Şekil 4.22. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodialize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun kafeik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

Kafeik asit miktarları incelendiğinde kontrol grubunun kafeik asit miktarı 0.53 ± 0.05 mg/L olarak ölçülmüştür. Kafeik asit miktarları US2 grubunda 0.45 ± 0.01 mg/L ile E1 grubunda 0.54 ± 0.01 mg/L arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.22) (Ek A.22). US2 ve O1 grupları K grubuyla kıyaslandığında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Gruplar kendi içlerinde kıyaslandığında istatistiksel açıdan farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$).

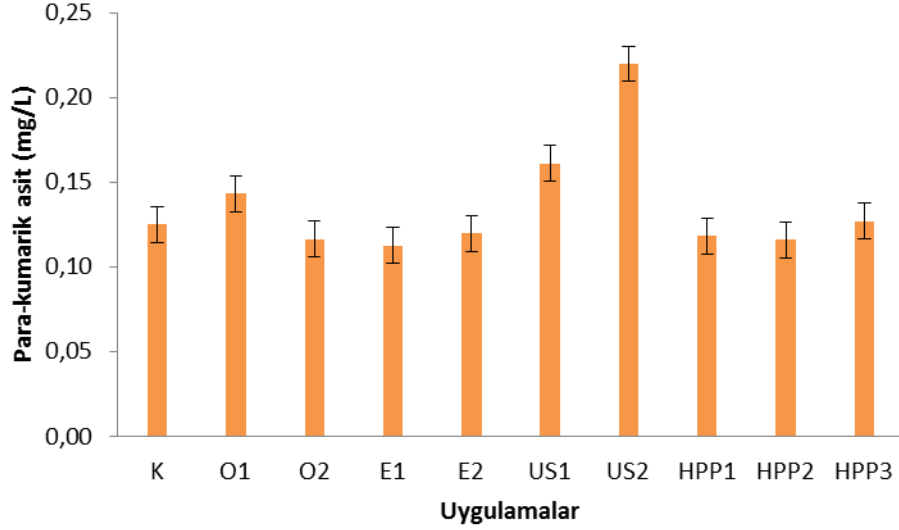


Şekil 4.23. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodialize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun klorojenik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

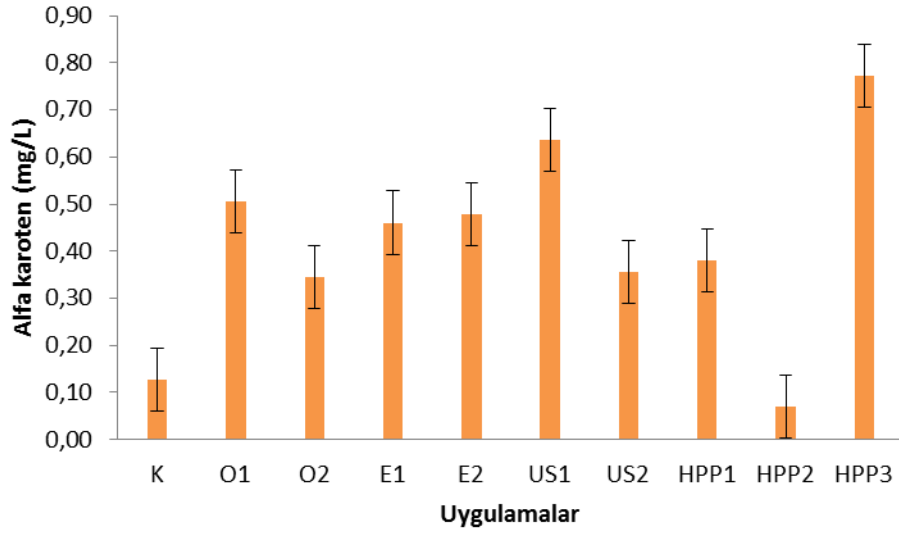
Klorojenik asit değerleri incelendiğinde kontrol grubu 0.37 ± 0.16 mg/L olarak ölçülmüştür. Değerler O1 grubunda 0.18 ± 0.01 mg/L ile K grubunda 0.37 ± 0.16 mg/L arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.23) (Ek A.23). O1, E2, US2, HPP1, HPP2 ve HPP3 grupları kontrol grubuyla kıyaslandığında istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Gruplar kendi içlerinde istatistiksel açıdan farklılık göstermemiştir ($p > 0.05$).

Uygulanan prosesler sonucu para-kumarik asit değerleri incelendiğinde kontrol grubunda 0.12 ± 0.01 mg/L olarak ölçülmüştür. Para-kumarik asit değerleri 0.11 ± 0.00 mg/L ile 0.22 ± 0.06 mg/L arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.24) (Ek A.24). US2 grubu kontrol grubu ile kıyaslandığında istatistiksel açıdan farklılık tespit edilmiş ($p < 0.05$) fakat diğer gruplar arasında istatistiksel açıdan farklılıklar gözlenmemiştir ($p > 0.05$).



Şekil 4.24 Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun para-kumarik asit miktarı (mg/L) üzerine etkisi.

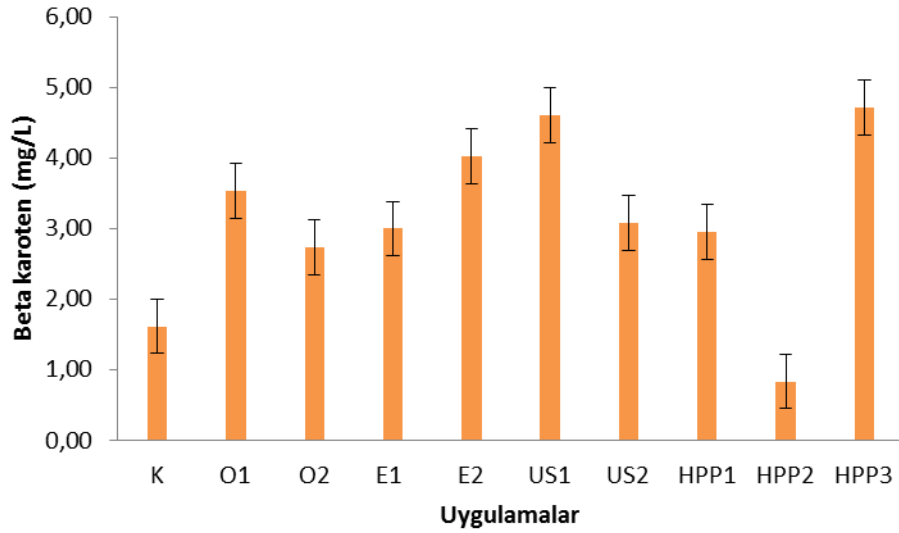
* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s



Şekil 4.25. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun alfa karoten miktarı (mg/L) üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

Alfa karoten miktarı uygulanan prosesler altında incelendiğinde kontrol grubunda 0.12 ± 0.06 mg/L olarak ölçülmüştür. Alfa karoten değerleri HPP2 grubunda 0.07 ± 0.00 mg/L ile HPP3 grubunda 0.77 ± 0.16 mg/L arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.25) (Ek A.25). HPP3 grubu, HPP1 ve HPP2 grubu ile kıyaslandığında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Ayrıca O1, US1 ve HPP3 grupları K grubuyla kıyaslandığında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0.05$).

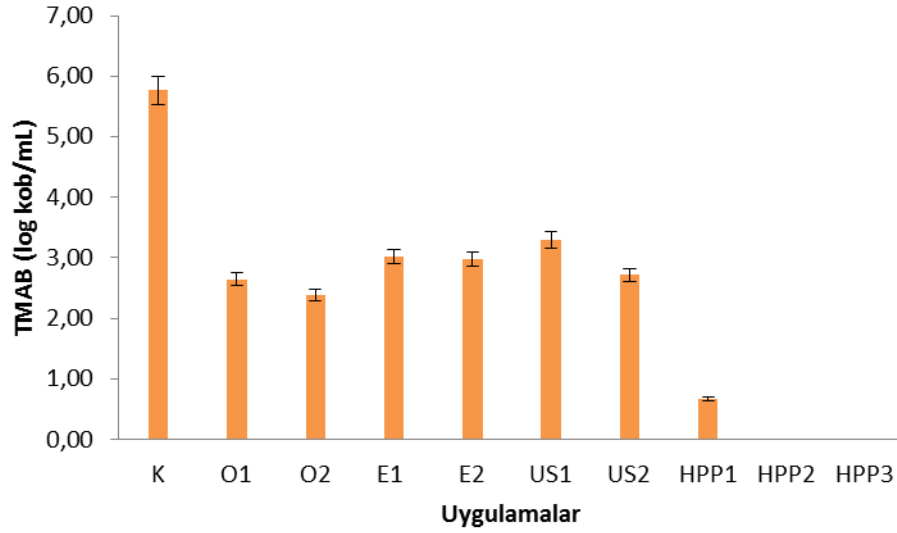


Şekil 4.26. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun beta karoten miktarı (mg/L) üzerine etkisi.

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

Beta karoten miktarları uygulanan prosesler altında incelendiğinde kontrol grubunun beta karoten miktarı 1.61 ± 0.37 mg/L olarak ölçülmüştür. Beta karoten miktarları HPP2 grubunda 0.83 ± 0.38 mg/L ile HPP3 grubunda 4.71 ± 0.89 mg/L arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.26) (Ek A.26). HPP2 grubu, HPP1 ve HPP3 grubuyla kıyaslandığında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Ayrıca E2, US2 ve HPP3 grubu kontrol grubuyla kıyaslandığında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Yapılan bir çalışmada domatestte 600 MPa, 60 dak yüksek basınç uygulaması sonrasında toplam beta karoten miktarında değişim gözlenmemiştir (Butz vd., 2002).

4.2 Ozon, Ultrasonikasyon, Elektrodialize Su ve Yüksek Basınç Uygulamalarının Havuç Yüzeyinin Mikrobiyel Özellikleri Üzerine Etkisi

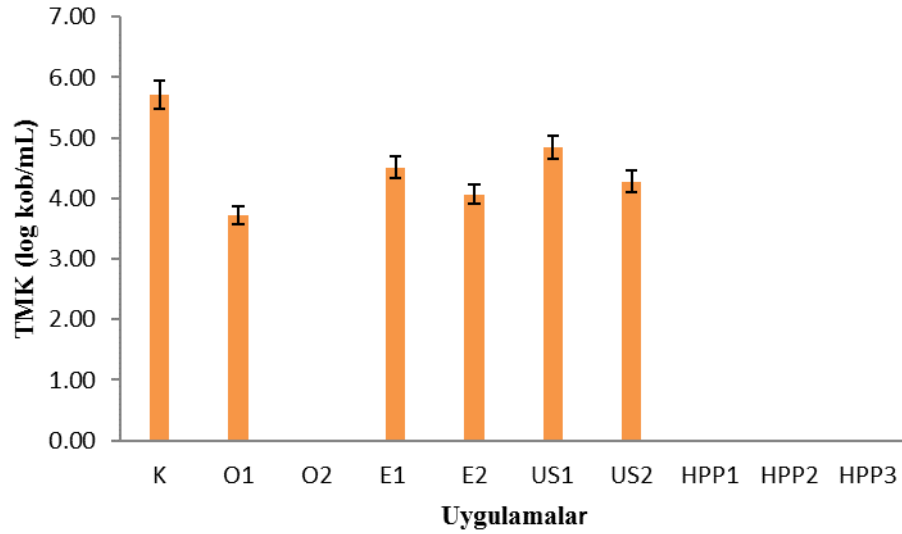


Şekil 4.27. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodialize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı (log kob/mL) üzerine etkisi

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

Havuç yüzeyinin doğal mikroflorası incelendiğinde kontrol grubunun toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı (TMAB) 5.77±1.10 (log kob/mL) olarak tespit edilmiştir. Beş dak olan (O1) 3.13 log kob/mL, 15 dak olan (O2) uygulaması ise 3.40 log kob/mL azalmaya sebep olmuştur. Sürenin artmasıyla TMAB sayısında ki azalmanın doğru orantılı olduğu görülmektedir. US gruplarında da aynı şekilde sürenin artışıyla doğru orantılı bir azalma olup, 5 dak olan US1 grubunda 2.48 log kob/mL, 15 dak olan US2 grubunda 3.05 log kob/mL azalma olmuştur. E1 grubunda 2.75 log kob/mL, E2 grubunda 2.8 log kob/mL azalma olup gruplar arasında değerlendirme yapıldığında TMAB sayısı üzerinde en etkisiz grup olduğu görülmektedir ($p < 0.05$) (Ek A.27). En etkili uygulama ise HHP prosesleri sonucu gözlenmiş olup, HPP1 grubunda 5.10 log kob/mL, HPP2 grubunda 5.77 log kob/mL, HPP3 grubunda ise 5.77 log kob/mL azalış görülmüştür ($p < 0.05$) (Çizelge 4.1) (Şekil 4.27). Yapılan bir çalışmada çileklere 3 ppm ve 5 dak ozonlu su uygulanmış,

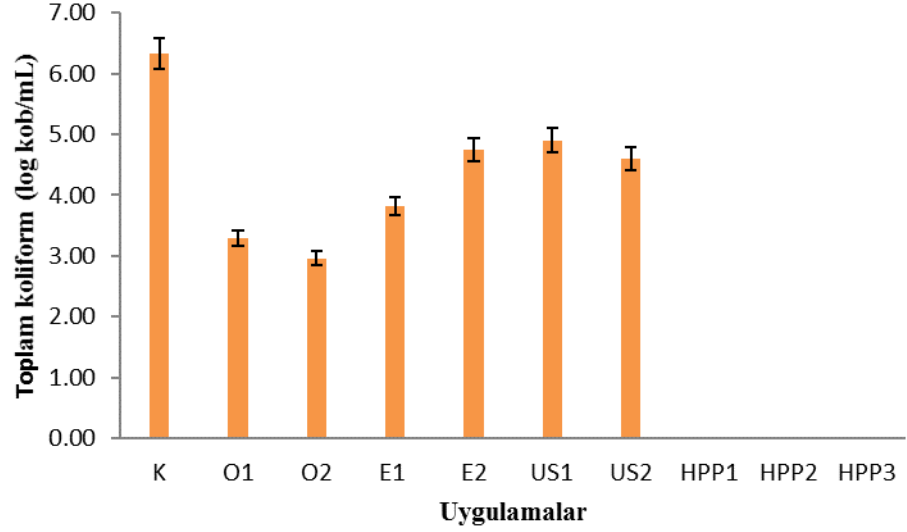
mezofilik bakteri sayısında 4 ila 5 log birimlik azalma tespit edilmiştir (Rodgers vd., 2004).



Şekil 4.28. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun toplam maya küf sayısı (log kob/mL) üzerine etkisi

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

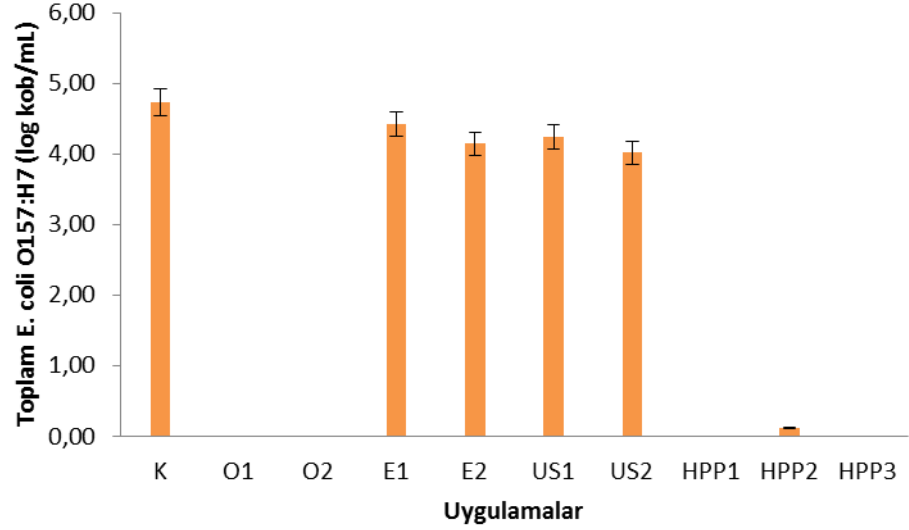
Toplam maya küf sayısı (TMK) kontrol grubunda 5.71 ± 0.44 log kob/mL, O1 grubunda 3.72 ± 0.29 log kob/mL, O2 grubunda ise 0.00 ± 0.00 log kob/mL olarak sayılmıştır. TMK sayısında O1 grubunda 1.99 log kob/mL azalma olurken, O2 grubunda ise başlangıçtaki mikrobiyel yükün tamamı inaktive edilmiştir ($p < 0.05$). E1 ve E2 grubunda sırasıyla 1.21 ve 1.65 log kob/mL azalma olmuştur ($p < 0.05$). US gruplarında ise benzer şekilde 5 dak olan US1 ve 15 dak olan US2 gruplarında sırasıyla 0.87 ve 1.43 log kob/mL azalma görülmüştür ($p < 0.05$) (Ek A.28). TMK sayısı yüksek basınç gruplarının tümünde 0.00 ± 0.00 log kob/mL olup; başlangıçtaki mikrobiyel yükün tamamı inaktive edilmiştir. Genel olarak bakıldığında toplam maya küf sayısı inaktivasyonunda en etkili yöntemlerin yüksek basınç uygulamaları ve O2 uygulaması olduğu görülmüştür ($p < 0.05$) (Çizelge 4.1) (Şekil 4.28). Yapılan bir çalışmada dilimlenmiş havuçlara 0.5, 1, 1.5 ppm ozonlu su 3, 5 ve 10 dak boyunca uygulanmış ve maya küf sayısında 0.77-0.96 log birimlik azalma meydana gelmiştir (Sengun, 2014).



Şekil 4.29 Ozon, ultrasonikasyon, elektrodialize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun toplam koliform sayısı (log kob/mL) üzerine etkisi

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

Toplam koliform bakteri sayısı (TKB) kontrol grubunda 6.32 ± 1.41 log kob/mL, O1 grubunda 3.29 ± 0.14 , O2 grubunda ise 2.96 ± 0.58 log kob/mL olarak sayılmıştır. Toplam koliform sayısında O1 ve O2 gruplarında sırasıyla 3.03 ve 3.36 log kob/mL azalma gözlenmiştir. E1 ve E2 gruplarında ise sırasıyla 2.5 ve 1.58 log kob/mL azalma meydana gelmiştir ($p < 0.05$). Ultrasonikasyon gruplarında ise US1 ve US2 grupları sırasıyla 1.42 ve 1.73 log kob/mL azalma göstermiştir ($p < 0.05$) (Ek A.29). TKB inaktivasyonunda ES grubu ve US grubu kıyaslandığında benzer etki gösterdikleri görülmüştür. HPP gruplarında ise toplam koliform sayısı 0.00 ± 0.00 log kob/mL olup başlangıçtaki mikrobiyel yükün tamamı inaktive edilmiştir. Genel olarak baktığımızda toplam koliform sayısı inaktivasyonunda en etkili yöntemin HHP uygulaması olduğu görülmektedir ($p < 0.05$) (Çizelge 4.1) (Şekil 4.29). Yapılan bir çalışmada iceberg cinsi marullar 10-20 mg/L ozonlu suya 5 dak daldırılmış ve kontrol grubuyla kıyaslandığında toplam koliform sayısında 3.2 log birimlik bir azalış görülmüştür (Beltran vd, 2005).

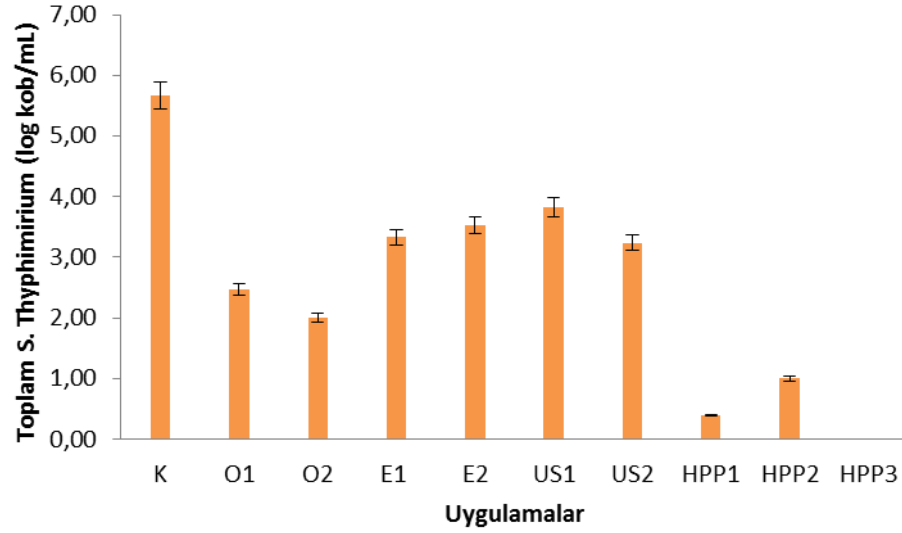


Şekil 4.30. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun toplam *E. coli* O157:H7 sayısı (log kob/mL) üzerine etkisi

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

Havuç yüzeyine inoküle ettiğimiz toplam *E. coli* O157:H7'nin inaktivasyon çalışmalarını incelediğimizde kontrol grubunda inoküle ettiğimiz *E. coli* O157:H7 sayısı 4.73±0.43 log kob/mL olarak bulunurken; E1 grubunda 4.42±0.28 log kob/mL, E2 grubunda ise 4.14±0.48 log kob/mL olduğu görülmüş ve sırasıyla 0.31 ve 0.59 log kob/mL azalma meydana gelmiştir ($p > 0.05$) (Ek A.30). US uygulamalarında US1 ve US2 gruplarında sırasıyla 0.49 ve 0.72 log kob/mL azalma gözlenmiştir. Ozon uygulamalarında ise *E. coli* O157:H7 sayısı 0.00±0.00 log kob/mL olup başlangıç yükünün tamamının inaktivasyonu söz konusudur ($p < 0.05$). Yüksek basınç uygulamaları da ozonla benzer sonuç göstermiş olup, *E. coli* O157:H7 sayısı HPP1, HPP2 ve HPP3 gruplarında sırasıyla 0.00±0.00, 0.12±0.24, 0.00±0.00 log kob/mL olup HPP1 ve HPP3 gruplarında ise başlangıç *E. coli* O157:H7 sayısının tamamının inaktivasyonu gözlenmiştir ($p < 0.05$). Genel olarak baktığımızda ES ve US uygulamalarının *E. coli* O157:H7 inaktivasyonunda etkisiz olduğu görülürken ($p > 0.05$), O ve HHP uygulamalarının inaktivasyonda daha etkili olduğu görülmektedir ($p < 0.05$) (Çizelge 4.1) (Şekil 4.30). Yapılan bir çalışmada *E. coli* O157:H7 inoküle edilen bebek havuçlar, 1, 5, 10 ve 15 dak boyunca 5.2, 9.7 ve 16.5 mg O₃/L suda yıkanmıştır. Bu koşullar altında, başlangıç *E. coli* O157:H7 sayısı sırasıyla 5.2, 9.7

ve 16.5 mg O₃/L ile 1.34, 1.68 ve 1.80 log birim düşüş göstermiştir (Singh vd., 2002). Yapılan başka bir çalışmada ise portakal suyuna 1 dak boyunca 400 MPa HHP uygulanmış ve *E. coli* O157:H7 sayısında 2.4 log azalma meydana gelmiştir (Park vd., 2015). Elma suyunda *E. coli* O157:H7'yi inaktive etmek için HHP kullanılan bir çalışmada ise, 25°C'de yaklaşık 7 log'u inaktive etmek için 20 dak boyunca 250 MPa basınç gerekmiştir (Noma vd., 2004).



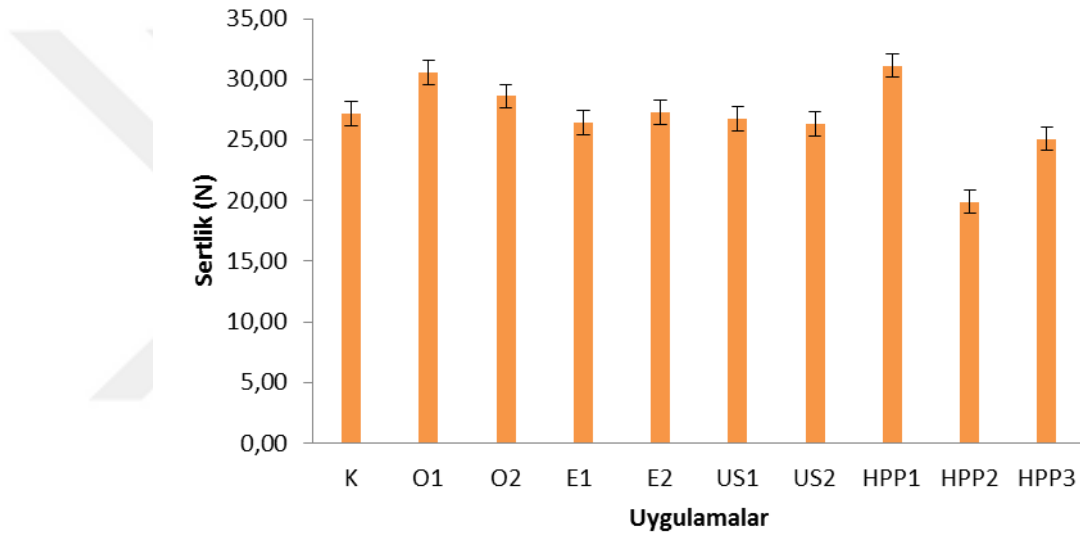
Şekil 4.31. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun toplam *S. Typhimurium* sayısı (log kob/mL) üzerine etkisi

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

Havuç yüzeyine inoküle edilen *S. Typhimurium*'ın inaktivasyon çalışmaları incelendiğinde kontrol grubunda inoküle edilen *S. Typhimurium* sayısı 5.66±0.40 log kob/mL olarak bulunurken, O1 ve O2 gruplarında sırasıyla 3.20 ve 3.66 log kob/mL azalmalar meydana gelmiştir ($p < 0.05$). E1 ve E2 gruplarında sırasıyla 2.33 ve 2.13 log kob/mL, US1 ve US2 gruplarında ise 1.84 ve 2.43 log kob/mL azalmalar görülmüştür ($p < 0.05$) (Ek A.31). Sonuçlara bakıldığında elektrodiyalize su ve ultrasonikasyon uygulamaları benzer inaktivasyon etkisi göstermiştir. Yüksek basınç uygulamalarına baktığımızda HPP1, HPP2 ve HPP3 gruplarında sırasıyla 5.27, 4.66 ve 5.66 log kob/mL azalma meydana gelmiştir. *S. Typhimurium* inaktivasyonunda en büyük etkiyi yüksek basınç uygulamaları göstermiş olup; ozonun inaktivasyon

derecesi de önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Çizelge 4.1) (Şekil 4.31). Yapılan bir çalışmada iceberg marullara *S. Typhimurium* inoküle edilmiş, ultrasonikasyon uygulanan marullarda *S. Typhimurium* 1.5 log birim düşüş göstermiştir (Seymour vd., 2002). Yapılan başka bir çalışmada ise 6 saat boyunca 9 ppm gaz ozona maruz bırakılan taze kesilmiş biberlerde *S. Typhimurium* sayısında 2.56 log birimlik bir düşüş gözlenmiştir (Alwi ve Ali, 2014).

4.3 Ozon, Ultrasonikasyon, Elektrodialize Su ve Yüksek Basınç Uygulamalarının Havucun Tekstürel Özellikleri Üzerine Etkisi

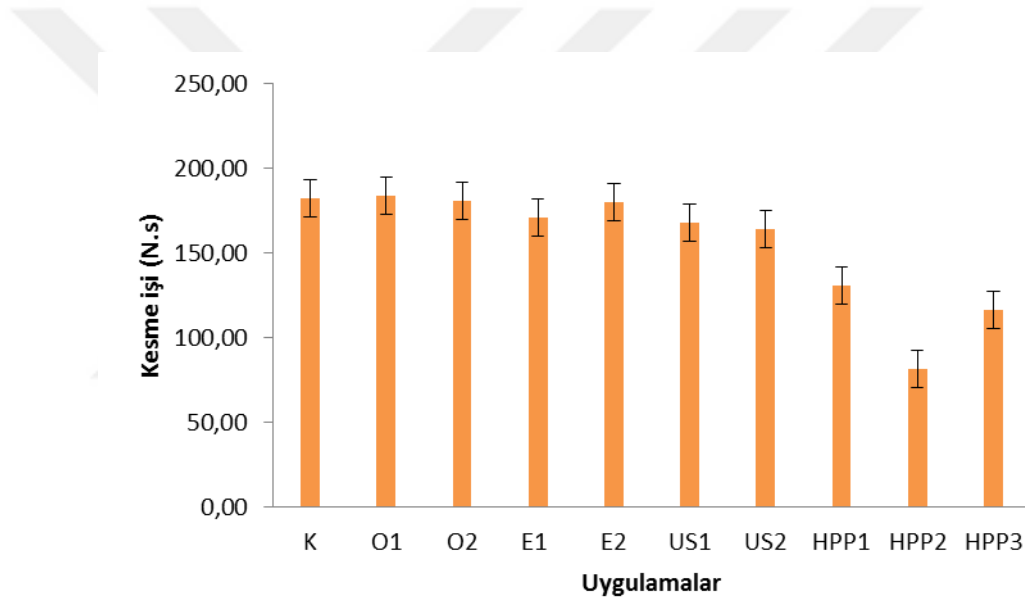


Şekil 4.32. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodialize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun sertliği üzerine etkisi

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

Havuç örneklerine yapılan uygulamalar sonucu sertlik değerindeki değişim incelendiğinde kontrol grubundaki örneklerin sertliği 27.20±2.89 N olarak ölçülmüştür. Sertlik değerleri O1 uygulamasında 30.57±5.18 N, O2 uygulamasında ise 28.61±4.69 N olarak ölçülmüş havucun sertliğinde önemli derecede olmayan artış meydana getirmiştir ($p > 0.05$). E1 grubundaki örneklerin sertliği 26.44±5.45 N, E2 grubundaki örneklerin sertliği ise 27.29±2.93 N olup; sertlikte önemli derecede değişim gözlenmemiştir ($p > 0.05$). US gruplarına baktığımızda sertlik US1

26.74±1.83 N, US2 26.30±2.86 N olarak ölçülmüş; E1 ve E2 gruplarında olduğu gibi önemli derecede değişim görülmemiştir ($p > 0.05$). Yüksek hidrostatik basınç gruplarında HPP1 örneklerinde 31.14±1.80 N, HPP2 örneklerinde 19.91±2.40 N ve HPP3 örneklerinde ise sertlik 25.10±0.28 N olarak ölçülmüş HPP2 grubuna baktığımızda havuç örneklerinin sertliğinde önemli derecede bir azalma gözlenmiştir ($p < 0.05$) (Ek A.32) (Şekil 4.32). Sertlik taze meyve sebzelerde önemli bir reolojik özelliktir. Tüketiciler sertlik gibi tekstürel özellikleri gıdanın sağlıklı ve taze olması ile ilişkilendirdiği için daha çok talep etmektedirler. Yumuşak bir görünüm gıdanın tüketiminden önce tüketici reddine neden olabilir (Rico vd., 2007). Bu nedenle O, ES ve US örneklerinin tüketici beğenisi açısından daha iyi sonuçlar vereceği düşünülmektedir.



Şekil 4.33. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havucun kesme işi üzerine etkisi

* K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m³, O2: 15 dak 101 g/m³, E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 35 kHz, US2: 15 dak 35 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa, 300 s

Uygulamalar sonucu kesme işi değerlerini incelediğimizde K grubunda 182.28 ± 9.27 Ns olarak bulunmuştur. Kontrol grubuyla kıyaslandığında HPP1, HPP2 ve HPP3 örneklerinde sırasıyla 130.38 ± 32.97 , 81.71 ± 2.11 ve 116.51 ± 0.14 Ns olarak ölçülmüş ve önemli derecede farklılık gözlenmiştir ($p < 0.05$). Kesme işi, işlemi gerçekleştirmek için gereken toplam kuvvet miktarını belirtir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda gıda muhafaza tekniği olarak ısıtıl işlem yaygın bir yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Fakat günümüzde tüketicilerin daha da bilinçlenmesi ile daha az işlem görmüş gıdalara yöneldiği bilinmektedir. Bazı önemli besin öğelerinin ısıtıl işlem uygulaması ile örneğin üründe vitamin kaybına neden olması tüketici açısından önemli bir sorundur. Bu sebeplerden dolayı gıda endüstrisi ısıtıl işleme alternatif teknolojilere yönelmiştir. Bu teknolojilerin yaygın olarak kullanılabilmesi gıda güvenliği açısından daha yüksek bir kalite sağlanmasına bağlıdır. Çalışmamızda havuç yüzeyinin dezenfeksiyonunda ve kalite parametrelerine etkisi üzerinde ozon (O), elektrodialize su (ES), ultrasonikasyon (US) ve yüksek hidrostatik basınç (HHP) gibi teknolojilerin farklı sürelerde veya dozlarda etkisi test edilmiştir. Havuç yüzeyinin mikrobiyel olarak incelenmesi açısından uygulama öncesi ve sonrasında toplam mezofilik aerobik bakteri, toplam maya küf ve toplam koliform sayıları ayrıca inoküle edilen *E. coli* O157:H7 ve *S. Typhimurium* kültürlerinin inaktivasyonu amaçlanmıştır. Havuç yüzeyinin fiziksel ve kimyasal açıdan değerlendirilmesi için kalite parametrelerinden pH, °Briks, kondaktivite, titrasyon asitliği, renk (L*, a* ve b*), toplam renk değişimi, hue, kroma, toplam antioksidan kapasite, toplam fenolik madde, toplam karatenoid, organik asitler (tartarik asit, malik asit, sitrik asit, süksinik asit, fumarik asit, askorbik asit, gallik asit), fenolik bileşenler ((+) katesin, (-) epikatesin, kafeik asit, klorojenik asit, para-kumarik asit, alfa karoten, beta karoten) analiz edilmiş ayrıca havucun tekstürel özelliklerine de bakılmıştır.

Yapılan mikrobiyel analizlerden elde edilen sonuçlara göre toplam mezofilik aerobik bakteri sayısında en yüksek inhibisyon HHP uygulaması ile 5.77 log kob/mL lik bir düşüş olarak gözlenmiştir. Toplam maya küf sayısı inaktivasyonunda en etkili uygulamaların 15 dak uygulanan O2 grubunda ve HHP gruplarında olduğu görülmüş ve başlangıç mikrobiyel yükün tamamı inaktive edilmiştir. Toplam koliform sayısı inaktivasyonunda ise en etkili grupların HHP grupları olduğu görülmüş ve başlangıç mikrobiyel yükün tamamı inaktive edilmiştir. İnoküle edilen *E. coli* O157:H7 inaktivasyonuna baktığımızda en etkili uygulamaların O ve HPP grupları olduğu

tespit edilmiştir. ES ve US uygulamalarının havuç yüzeyine inoküle edilen *E. coli* O157:H7 inaktivasyonunda etkisiz kaldığı görülmüştür. İnoküle edilen bir diğer mikroorganizma olan *S. Typhimirium* inaktivasyonuna baktığımızda ise en etkili uygulama olarak 450 MPa basıncın 5 dak uygulandığı HHP3 olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan kalite analizlerinden elde edilen sonuçlara göre uygulamalar sonrası pH, °Briks, kondaktivite, titrasyon asitliği, toplam fenolik madde değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir ($p > 0.05$). Renk değerlerine baktığımızda L^* , a^* , b^* , kroma ve toplam renk değişiminde tüm uygulamalar sonrası bir artış gözlenmiştir. Bu da havuç yüzeyinde renk açılması olduğunu göstermektedir. Toplam antioksidan kapasite değerlerinde özellikle yüksek basınç uygulamaları ile artışlar gözlenmiştir. Tüm uygulamalar sonucu havuca rengini veren toplam karotenoid miktarında düşüş gözlenmiş ve renk açılmasına sebep olmuştur. Havuçta bulunan organik asitlere baktığımızda tartarik asit miktarı pH 10 olan E1 uygulaması ve 15 dak olan US2 uygulaması sonrasında oldukça düşüş göstermiştir. Malik asit ve sitrik asit miktarları pH 8.5 olan E2 grubunda önemli derecede düşüş göstermiş, süksinik asit miktarında ise 15 dakika olan O2 grubunda, pH 8.5 olan E2 grubunda, US gruplarında ve HHP gruplarında önemli düşüşler gözlenmiştir. Fumarik asit miktarında ES, US ve HHP grupları azalmaya sebep olmuştur. Askorbik asit miktarında HHP grupları iyi bir koruyucu etki göstermiştir. Gallik asit miktarında ise en iyi koruyucu etkiyi 15 dak boyunca uygulanan US2 grubu göstermiştir. Fenolik bileşenlere baktığımızda (+) katesin, (-) epikatesin, kafeik asit ve para-kumarik asit miktarlarında uygulamalar sonrasında herhangi bir olumsuz etki görülmezken, klorojenik asit miktarında düşüşler gözlenmiştir. Alfa karoten ve beta karoten miktarlarının 350 MPa olan HHP1 uygulamasından olumsuz yönde etkilendiği görülmüştür. Tekstürel analiz sonuçlarına göre ise HHP1 grubu sertlikte düşüşe sebep olmuştur.

Yapılan bu çalışma ile havuç yüzeyi dezenfeksiyonunda ozon ve yüksek hidrostatik basınç uygulamalarının diğer uygulamalara kıyasla daha etkili sonuçlar vermesi sebebiyle bu teknolojilerin kullanılması önerilmektedir. Ayrıca uygulanan tüm teknolojiler iç ve dış faktörlerden etkilenebilirler. Örneğin uygulama yapılan gıdanın türü, ürün yüzeyinin karakteristiği, uygulama metodu, uygulama süresi ve su kalitesi gibi birçok faktör göz önüne alınmalıdır ve her gıda ürünü kendine has

zellikler tařıdđđı için özel uygulama koşulları geliştirilmelidir. Literatüre baktđđımızda yapılan çalışmaların yetersiz olduğu görülmekte ozon, ultrasonikasyon, elektrodialize su ve yüksek basınç uygulamalarının kombinasyonlu bir şekilde raf ömrü ve duyusal analiz çalışması da yapılarak meyve sebzeler üzerindeki etkisinin daha geniş bir şekilde arařtırılabileceđđi öngörülmektedir.



Çizelge 4.1. Ozon, ultrasonikasyon, elektrodiyalize su ve yüksek basınç uygulamalarının havuç yüzeyinin mikrobiyel özellikleri üzerine etkisi

Uygulamalar	TMAB			TMK			TK			E. coli O157: H7			S. Typhimurium		
	Canlı Bakteri Sayısı	Log kob/mL azalma	Canlı Bakteri Sayısı	Canlı Bakteri Sayısı	Log kob/mL azalma	Canlı Bakteri Sayısı	Canlı Bakteri Sayısı	Log kob/mL azalma	Canlı Bakteri Sayısı	Log kob/mL azalma	Canlı Bakteri Sayısı	Log kob/mL azalma	Canlı Bakteri Sayısı	Log kob/mL azalma	Canlı Bakteri Sayısı
Kontrol	5.77±1.10 ^a		5.71±0.44 ^a	6.32±1.41 ^a		6.32±1.41 ^a	4.73±0.43 ^a		4.73±0.43 ^a		5.66±0.40 ^a		5.66±0.40 ^a		
O1	2.64±0.04 ^b	3.13	3.72±0.29 ^c	1.99	3.03	3.29±0.14 ^c	0.00±0.00 ^b	4.73	2.46±0.24 ^c	3.20	2.46±0.24 ^c	3.20	2.46±0.24 ^c	3.20	
O2	2.37±0.19 ^b	3.40	0.00±0.00 ^d	5.71	3.36	2.96±0.58 ^c	0.00±0.00 ^b	4.73	2.00±0.00 ^c	3.66	2.00±0.00 ^c	3.66	2.00±0.00 ^c	3.66	
E1	3.02±0.34 ^b	2.75	4.50±0.17 ^{bc}	1.21	2.50	3.82±0.49 ^{bc}	4.42±0.28 ^a	0.31	3.33±0.27 ^b	2.33	3.33±0.27 ^b	2.33	3.33±0.27 ^b	2.33	
E2	2.97±0.64 ^b	2.8	4.06±1.01 ^{bc}	1.65	1.58	4.74±0.41 ^b	4.14±0.48 ^a	0.59	3.53±0.23 ^b	2.13	3.53±0.23 ^b	2.13	3.53±0.23 ^b	2.13	
US1	3.29±0.76 ^b	2.48	4.84±0.04 ^{ab}	0.87	1.42	4.90±0.12 ^b	4.24±0.52 ^a	0.49	3.82±0.43 ^b	1.84	3.82±0.43 ^b	1.84	3.82±0.43 ^b	1.84	
US2	2.72±0.30 ^b	3.05	4.28±0.39 ^{bc}	1.43	1.73	4.59±0.21 ^b	4.01±0.74 ^a	0.72	3.23±0.47 ^b	2.43	3.23±0.47 ^b	2.43	3.23±0.47 ^b	2.43	
HPP1	0.67±0.03 ^c	5.10	0.00±0.00 ^d	5.71	6.32	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^b	4.73	0.39±0.22 ^{de}	5.27	0.39±0.22 ^{de}	5.27	0.39±0.22 ^{de}	5.27	
HPP2	0.00±0.00 ^c	5.77	0.00±0.00 ^d	5.71	6.32	0.00±0.00 ^d	0.12±0.24 ^b	4.61	1.00±0.00 ^d	4.66	1.00±0.00 ^d	4.66	1.00±0.00 ^d	4.66	
HPP3	0.00±0.00 ^c	5.77	0.00±0.00 ^d	5.71	6.32	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^b	4.73	0.00±0.00 ^c	5.66	0.00±0.00 ^c	5.66	0.00±0.00 ^c	5.66	

* Aynı sütunda farklı üstele harflerle belirtilen sayımlar istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

** K: Kontrol, O1: 5 dak 33.6 g/m², O2: 15 dak 101 g/m², E1: pH 10, E2: pH 8.5, US1: 5 dak 3.5 kHz, US2: 15 dak 3.5 kHz, HPP1: 250 MPa 300 s, HPP2: 350 MPa 300 s, HPP3: 450 MPa 300 s.

*** Toplam mikroorganizma sayısındaki azalmalar (N₀-N) formülü ile hesaplanmıştır (N₀: Başlangıç m² sayı, N: Proses sonrası m² sayı).

6. KAYNAKLAR

- Achen M ve Yousef AE (2001) “Efficacy of Ozone Against *Escherichia coli* O157:H7 on Apples”, Journal of Food Science, 66:1380-1384.
- Adekunte AO, Tiwari BK, Cullen PJ, Scannell AGM ve O'Donnell CP (2010) “Effect of Sonication on Colour, Ascorbic Acid and Yeast Inactivation in Tomato Juice”, Food Chemistry, 122:500-507.
- Al-Haq MI, Sugiyama J ve Isobe S (2005) “Applications of Electrolyzed Water in Agriculture & Food Industries”, Food Science and Technology, 11(2):135-150.
- Alparslan Y, Baygar T ve Yıldız D (2012) “Su Ürünleri İşleme Tesislerinde Ozon ve Önemi”, Electronic Journal of Food Technologies, 7:24-31.
- Alwi NA ve Ali A (2014) “Reduction of *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* sv. Typhimurium Populations on Fresh-cut Bell Pepper Using Gaseous Ozone, Food Control, 46:304-311.
- Anonim (2010) Elektroliz, ansiklopedi, <http://www.turkcebilgi.com>, 6 Haziran 2016.
- Anonim (2014) TeknO₃zone, Ozone Üretim Yöntemleri, Corona Discharge Ozon Jenaratörleri, <http://www.teknozonegroup.com/sayfalar.aspx?id=3>, 16 Mayıs 2016.
- AOAC (1990) “Official Methods of Analysis”, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Arıcı M (2006) “Gıda Muhafazasında Yüksek Hidrostatik Basıncın Mikroorganizmalar Üzerine Etkisi”, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 3(1):41-49.
- Bağcı U, Toğay SÖ ve Temiz A, (2008) “Çiğ Tüketilen Sebzelere Uygulanan Yüzey Dekontaminasyon Yöntemleri”, Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.
- Barbosa-Cànovas GV (2002) “Key Goals of Emerging Technologies for Inactivating Bacteria”, Food Safety Magazine, 34(36):40,42.
- Barry-Ryan C, Pacussi JM ve O'Beirne D (2000) “Quality of Shredded Carrots as Affected by Packaging Film and Storage Temperature”, Journal of Food Science, 65(4):726-730.
- Batt CA ve Tortorello ML (2014) “Encyclopedia of Food Microbiology”, Second Edition, Oxford Academic Press, New York.

- Bayraktaroğlu G ve Obuz E (2006) “Ultrasound Yönteminin İlkeleri ve Gıda Endüstrisinde Kullanımı”, Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- Beltran D, Selma MV, Marín A ve Gil MI (2005) “Ozonated Water Extends the Shelf Life of Fresh-cut Lettuce”, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 53:5654–5663.
- Bermudez-Aguirre D ve Barbosa-Cánovas GV (2012) “Disinfection of Selected Vegetables Under Nonthermal Treatments: Chlorine, Acid Citric, Ultraviolet Light and Ozone”, *Food Control*, 29:82-90.
- Blogoslawski WJ ve Rice RG (1975) “Aquatic Applications of Ozone”, International Ozone Institute, Syracuse, NY.
- Bolin HR ve Huxsoll CC (1991) “Control of Minimally Processed Carrot (*Daucus carota*) Surface Discoloration Caused by Abrasion Peeling”, *Journal of Science*, 56:416-418.
- Briones-Labarca V, Muñoz C ve Maureira H (2011a) "Effect of High Pressure on Antioxidant Capacity: Mineral and Starch Bioaccessibility of a non Conventional Food: *Prosopis Chilensis* Seed", *Food Res. Int*, 44: 875–883.
- Briones-Labarca V, Venegas-Cubillos G, Ortiz-Portilla S, Chacana-Ojeda M ve Maureira H (2011b) "Effects of High Hydrostatic Pressure (HPP) on Bioaccessibility, as well as Antioxidant Activity, Mineral and Starch Contents in Granny Smith apple", *Food Chem*, 128: 520–529.
- Butz P, Edenharder R, Fernandez Garcia A, Fister H, Merkel C ve Tausher B (2002) “Changes in Functional Properties of Vegetables Induced by High Pressure Treatment”, *Food Research International*, 35:295-300.
- Çatal H ve İbanoğlu Ş (2010) “Gıdaların Ozonlanması”, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5 (3):47-55.
- Debner HG, Blacker KJ, Redding BJ ve Watkins JB (1980) “Handling and Storage Practices for Fresh Fruit and Vegetables”, Questlove Department of Primary Industries AUF.
- Demirci A ve Ngadi MO (2012) “Microbial Decontamination in the Food Industry”, Woodhead Publishing.
- Dolatowski ZJ, Stadnik J ve Stasiak D (2007) “Applications of Ultrasound in Food Technology”, *ACTA Scientiarum Polonorum - Technologia Alimentaria*, 6(3):89-99.
- Earnshaw R (1996) “High Pressure Food Processing”, *Nutrition & Food Science*, 96(2): 811.
- Embrechts A ve Schoneveld J (1988) “Flavour of Carrots is Better with Storage with Moist Cooling”, *Horticultural Abstracts*, 59:6691.

- Eswaranandam S, Hettiarachchy NS ve Johnson NG (2004) “Antimicrobial Activity of Citric, Lactic, Malic, or Tartaric Acids and Nisin – Incorporated Soy Protein Film Against *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella gaminara*”, *Journal of Food Science*, 69(3):79-84.
- Gao YL, Ju XR, Qiu WF ve Jiang HH (2007) “Investigation of the Effects of Food Constituents on *Bacillus subtilis* Reduction during High Pressure and Moderate Temperature”, *Food Control*, 18:1250-1257.
- Gunasekaran S ve Ay C, (1994) “Ultrasonic Attenuation Measurements for Estimating Milk Coagulation Time”, *Transactions of the ASAE*, 37(3):857-862.
- Guzel-Seydim ZB, Greene AK and Seydim AC (2004) “Use of Ozone in the Food Industry”, *Lebensmittel Wissenschaft Technologie*, 37:453-460.
- Hassenberg K, Fröhling A, Geyer M, Schlüter O ve Herppich WB (2008) “Ozonated Wash Water for Inhibition of *Pectobacterium carotovorum* on Carrots and the Effect on the Physiological Behaviour of Produce”, *European Journal of Horticultural Science*, 73:37–42.
- Hinrichs J, Rademacher B ve Kessler HG (1996) “Food Processing of Milk Products with Ultrahigh Pressure. Heat Treatments and Alternative Methods”, *International Dairy Federation (IDF) Symposium*, 6-8 September 1995, Vienna.
- Hsu SY (2005) “Effects of Flow Rate, Temperature and Salt Concentration on Chemical and Physical Properties of Electrolyzed Oxidizing Water”, *Journal of Food Engineering*, 66:171-176.
- Huang YR, Hung YC, Hsu SY, Huang YW ve Hwang DF (2008) “Application of Electrolyzed Water in the Food Industry”, *Food Control*, 19:329-345.
- Hugas M, Garriga M ve Monfort JM (2002) “New Mild Technologies in Meat Processing: High Pressure as a Model Technology”, *Meat Science*, 62:359–371.
- Huppertz T, Kelly AL ve Fox PF (2002) “Effects of High Pressure on Constituents and Properties of Milk”, *International Dairy Journal*, 12:561-572.
- Indrawati, Van Loey A ve Hendrickx M (2004) “Pressure and Temperature Stability of Water Soluble Antioxidants in Orange and Carrot Juice: A Kinetic Study”, *European of Food Research Technology*, 219:161-166.
- Justesen U, Knuthsen P ve Leth T (1997) “Quantitative Analysis of Flavonols, Flavones, and Flavanones in Fruits, Vegetables and Beverages by High-Performance Liquid Chromatography with Photo-Diode Array and Mass Spectrometric Detection”, *Journal of Chromatography A*, 799:101-110.

- Kader AA, Kasmire FR, Mitchell FG, Reid MS, Sommer NF ve Thompson JF, (1985) “Postharvest Technology of Horticultural Crops”, Special Publication, California.
- Kaletunç G, (2009) “Gıda Endüstrisinde Alışılmamış Yöntemler”, Bilim ve Teknik Dergisi, 60-63.
- Karaca H ve Velioğlu S (2007) “Ozone Applications in Fruit and Vegetable Processing”, Food Reviews International, 23:91-106.
- Kırmusaoğlu S (2013) “Elimination of Certain Foodborne Pathogens in Various Fruit Juices by Combination of Ultrasonication and Mustard Seed”, Doktora Tezi, AİBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Kim BS, Kwon JY, Kwon KH, Cha HS ve Jeang JW, (2006) Antimicrobial Effect of Cold Ozonated Water Washing on Fresh-cut Lettuce, Acha Horticulture, 699:235-242.
- Kim JG, Yousef AE ve Khadre MA (2003) “Ozone and Its Current and Future Application in the Food Industry”, Advance in Food and Nutrition Research, 45:167-218.
- Kim JG, Yousef AE ve Dave S (1999) “Application of Ozone for Enhancing the Microbiological Safety and Quality of Foods”, Journal of Food Protection, 62:1071–1087.
- Kleinhenz MD ve Bumgarner NR (2012) “Using °Brix as an Indicator of Vegetable Quality: an Overview of the Practise”, Agriculture and Natural Resources, 1650:12.
- Knorr D, Zenker M, Heinz V ve Lee DU (2004) “Applications and Potential of Ultrasonic in Food Processing”, Trends in Food Science and Technologie, 15:261-266.
- Kozukue N, Kozukue E, Hirose T ve Mizuno S (1985) “Accumulation of Alanine in Chilling-Sensitive Crops”, Horticultural Abstracts, 55:1-207.
- Lee H, Hong S ve Kim D (2014) “Microbial Reduction Efficacy of Various Disinfection Treatments on Fresh-cut Cabbage”, Food Science and Nutrition, 2(5): 585-590.
- Lee HS, Castle WS ve Coates GA (2001) “High-Performance Liquid Chromatography for the Characterization of Carotenoids in the New Sweet Orange (Earlygold) Grown in Florida”, USA. Journal of Chromatography A, 913:371–377.
- Liew CL ve Prange RK (1994) “Effect of Ozone and Storage Temperature on Postharvest Diseases and Physiology of Carrots (*Caucus carota* L.)”, Journal of the American Society Horticultural Science, 119:563–567.

- Mahvi AH, Dehghani MH ve Vaezi F (2005) "Ultrasonic Technology Effectiveness in Total Coliforms Disinfection of Water", *Journal of Applied Science*, 5:856–858.
- Manley TC ve Niegowski SJ (1967) "Encyclopedia of Chemical Technology", 14, Second Edition, Wiley, New York.
- Marquenie D, Lammetyn J, Geeraerd AH, Soontjens C, Van Impre JF, Nicolai BM ve Michels CW (2002) "Inactivation of Conidia of *Botrytis cinerea* and *Monilinia fructigena* Using UV-C and Heat Treatment", *International Journal Food Microbiology*, 74:27–35.
- McClements DJ (1997) "Ultrasonics Characterization of Food and Drinks: Principles, Methods and Applications", *Critical Reviews Food Science and Nutrition*, 37:1-46.
- Minerich PL ve Labuza TP (2003) "Development of a Pressure Indicator for High Hydrostatic Pressure Processing of Foods", *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 4:235–243.
- Moon JH ve Terao J (1998) "Antioxidant Activity of Caffeic Acid and Dihydro Caffeic Acid in Lard and Human Low-density Lipoprotein", *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46:5062-5065.
- Mori Y, Komatsu S ve Hata Y (1997) "Toxicity of Electrolyzed Strong Acid Aqueous Solution-Subacute Toxicity Test and Effect on Oral Tissue in Rats", *Odontology*, 84:619–626.
- Murray RG, Faeder EJ ve Lee SD (1980) "The Location of the Mucoprotein of Sections of the Cell Wall of *Escherichia coli* and other Gram Negative Bacteria", *Canadian Journal of Microbiology*, 11(3):547-560.
- Noma S, Tomita C, Shimoda M ve Hayakawa I (2004) "Response of *Escherichia coli* O157:H7 in Apple and Orange Juices by Hydrostatic Pressure Treatment with Rapid Decompression", *Food Microbiology*, 21:469-473.
- O'Donnell C, Tiwari BK, Cullen PJ ve Rice RG (2012) "Ozone in Food Processing", First Edition, Blackwell Publishing Ltd.
- Ölmez H ve Kretzschmar U (2009) "Potential Alternative Disinfection Methods for Organic Fresh-cut Industry for Minimizing Water Consumption and Environmental Impact", *Food Science and Technology*, 42:686-693.
- Özlü H (2008) "Gıdalara Yüksek Basınç Uygulaması", *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 3(1):18.
- Öztekin S, Zorlugenç B ve Zorlugenç FK (2006) "Effects of Ozone Treatment on Microflora of Dried Figs", *Journal of Food Engineering*, 75(3):396-9.

- Park J, Yoo S, Ghafoor K, Kim JU, Kim S ve Lee DU (2015) “Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on Orange Fruit Surfaces and in Juice Using Photocatalysis and High Hydrostatic Pressure”, *Journal of Food Protection*, 78(6):1098-1105.
- Parnell S (2003) “High Pressure Processing of Fruits and Vegetables”, IFT Annual Meeting, Chicago.
- Pearson D ve Churchill AA (1970) “The Chemical Analyses of Foods”, Gloucester Place, Vol: 104,233.
- Peiyin L ve Barth MM (1998) “Impact of Edible Coatings on Nutritional and Physiological Changes in Lightly-processed Carrots”, *Postharvest Biology and Technology*, 14: 51-60.
- Povey MJW ve Mason TJ (1998) “Ultrasound a New Opportunity for Food Preservation”, First Edition, Blackie Academic and Professional, London.
- Rahman SME, Jin Y-G ve Oh D-H (2011) “Combination Treatment of Alkaline Electrolyzed Water and Citric Acid with Mild Heat to Ensure Microbial Safety, Shelf-life and Sensory Quality of Shredded Carrots”, *Food Microbiology*, 28(3): 484-91.
- Rice RG ve Cotruva JA (1978) “Reactions of Ozone with Organic Compounds”, Ozone Press International, Cleveland.
- Rice RG, Robson CM, Miller GW ve Hill AG (1981) “Uses of Ozone in Drinking Water Treatment”, *Journal of the American Water Works Association*, 73(1): 44–57.
- Rico D, Martin-Diana AB, Barat JM ve Barry-Ryan C (2007) “Extending and Measuring the Quality of Fresh-cut Fruit and Vegetables: a review”, *Trends in Food Science and Technology*, 18(7): 373–86.
- Rodgers SL, Cash JN, Siddiq M ve Ryser ET (2004) “A Comparison of Different Chemical Sanitizers for Inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in Solution and on Apples, Lettuce, Strawberries, and Cantaloupe”, *Journal of Food Protection*, 67:721–731.
- Ryall AL ve Lipton WJ (1972) “Vegetables and Melons”, The AVI Publishing Company, Inc., Westport,Connecticut, 473 p.
- Sadler G, Davis J ve Dezman D (1990) “Rapid Extraction of Lycopene and β -carotene from Reconstituted Tomato Paste and Pink Grapefruit Homogenates”, *Journal of Food Science*, 55:1460-1461.
- Sagong HG, Lee SY, Chang PS, Heu S, Ryu S, Choi YJ, Kang DH (2011) “Combined Effect of Ultrasound and Organic Acids to Reduce *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* on Organic Fresh Lettuce”, *International Journal of Food Microbiology*, 145:287–292.

- Salunkhe DK ve Desai BB (1984) "Postharvest Biotechnology of Vegetables" Volume" CRC Press, Boca Raton, Florida, 90-96.
- Sánchez-Moreno C, Plaza L, De Ancos B ve Cano PM (2003) "Vitamin C, Provitamin A Carotenoids and other Carotenoids in High-Pressurized Orange Juice During Refrigerated Storage", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51:647-653.
- Savaş E, Tavşanlı H ve Gökgözoğlu İ (2014) "Gıda Endüstrisinde Ozon Uygulamaları", Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2(3):122-127.
- Sehrawat R, Nema PK ve Kaur BP (2016) "Effect of Superheated Steam Drying on Properties of Foodstuffs and Kinetic Modeling", Innovative Food Science and Emerging Technology, 34: 285–301.
- Selma MV, Allende A, López-Gálvez F, Conesa MA ve Gil MI (2008) "Disinfection Potential of Ozone, Ultraviolet-C and their Combination in Wash Water for the Fresh-cut Vegetable Industry", Food Microbiology, 25:809-814.
- Sengun IY (2014) "Influence of Ozonated Water on Microbial Load and Shelf Life of Shredded Carrots", Italian Journal of Food Science, 26:383-389.
- Seymour IJ, Burfoot D, Smith RL, Cox LA ve Lockwood A (2002) "Ultrasound Decontamination of Minimally Processed Fruits and Vegetables", International Journal of Food Science and Technology, 37:547–557.
- Singh, N, Singh RK, Bhunia AK ve Strohshine RL (2002) "Efficacy of Chlorine dioxide, Ozone and Tme Essential Oil or a Sequential Washing in Killing Escherichia coli O157:H7 on Lettuce and Baby Carrots", Lebensmittel Wissenschaft Technologie, 35:720–729.
- Skrede D, Wrolstad RE ve Durst RW (2000) "Changes in Anthocyanins and Polyphenolics during Juice Processing of Highbush Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.)", Journal of Food Science, 65:357-364.
- Song J, Fan L, Forney CF, Jordan MA, Hildebrand PD, Kalt W ve Ryan DAJ (2003) "Effect of Ozone Treatment and Controlled Atmosphere Storage on Quality and Phytochemicals in Highbush Blueberries", Acta Horticulturae, 600:417–423.
- Song J, Fan L, Hildebrand PD ve Forney CF (2000) "Biological Effects of Corona Discharge on Onions in a Commercial Storage Facility", Horticulture Technology. 10(3):608–612.
- Spanos GA ve Wrolstad RE (1990) "Influence of Processing and Storage on the Phenolic Composition of Thompson Seedless Grape Juice", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 38:1565-1571.
- Tatlıdil FF (2000) "Beypazarı İlçesinde Farklı Muhafaza Yöntemlerinin Havuç Maliyetine Etkisi", Tarım Bilimleri Dergisi, 6(2):38–44.

- Tetik N, Topuz A, Turhan İ ve Karhan M (2006) “Meyve ve Sebzelerin İşlenmesi ve Muhafazasında Ozon Uygulamaları”, Türkiye 9. Gıda Kongresi, 281-293, Bolu.
- Tolvanen R, Lunden J, Horman A ve Korkeala H (2009) “Pilotscale Continuous Ultrasonic Cleaning Equipment Reduces *Listeria monocytogenes* Levels on Conveyor Belts”, Journal of Food Protection, 72:408–411.
- Tosa N ve Yamasaki Y (2000) “Effect of Organic Substances on the Residual Chlorine Contained in the Strong Acidic Electrolyzed Water”, Journal of The Japanese Society for Food Science and Technology-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi, 47(4):287-295.
- Ünal K (2012) Ekonomik Verim Dönemini Tamamlamış Yumurta Tavuğu Göğüs ve But Etleri Üzerine Ultrasonik Dalgaların Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Veberic R, Jurhar J, Mikulic-Petkovsek M, Stampar F ve Schmitzer V (2010) “Comparative Study of Primary and Secondary Metabolites in 11 Cultivars of Persimmon Fruit (*Diospyros kaki* L.)”, Food Chemistry, 119:477-483.
- Vercet A, Burgos J, Crelier S ve Lopez-Buesa P (2001) “Inactivation of Protease and Lipase by Ultrasound”, Innovative Food Science and Technologies., 2:139-150.
- Victorin K (1992) “Review of the Genotoxicity of Ozone”, Mutation Research, 277:221–238.
- Villamiel M, Hamersveld EH van ve Jong P De (1999) “Effect of Ultrasound Processing on the Quality of Dairy Products”, Milchwissenschaft, 54 (2):69-74.
- Xu S (2004) “Studies on the Texture and Tissue of Carrot Processed by High Pressure”, Nature and Science, 2(3):62-65.
- Yang H, Swem BL ve Li Y (2003) “The Effect of pH on Inactivation of Pathogenic Bacteria on Fresh-cut Lettuce by Dipping Treatment with Electrolyzed Water”, Journal of Food Science, 68:1013–1017.
- Yanmaz R (1994) “Havuç Yetiştiriciliği”, Standart Dergisi, 34(Özel sayı):21–22.
- Zabetakis I, Leclerc D ve Kajda P (2000) “The Effect of High Hydrostatic Pressure on the Strawberry Anthocyanins”, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(7):2749-2754.



EKLER

7. EKLER

EK A Açıklama

EK A.1 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin pH Değerleri Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	pH*
K	6.33±0.04 ^a
O1	6.37±0.20 ^a
O2	6.40±0.15 ^a
E1	6.32±0.11 ^{ab}
E2	6.41±0.14 ^a
US1	6.42±0.07 ^a
US2	6.46±0.02 ^a
HPP1	5.99±0.00 ^{bc}
HPP2	5.95±0.02 ^c
HPP3	5.95±0.02 ^c

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.2 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Suda Çözünen Toplam Kuru Madde Değerleri Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	°BRİKS
K	7.54±1.16 ^a
O1	7.60±0.80 ^a
O2	7.20±0.97 ^a
E1	7.40±0.75 ^a
E2	7.72±1.12 ^a
US1	7.70±1.27 ^a
US2	7.24±0.93 ^a
HPP1	7.88±0.04 ^a
HPP2	9.00±0.00 ^a
HPP3	8.00±0.00 ^a

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.3 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Kondaktivite Değerleri Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	KONDAKTİVİTE (mS/cm)
K	5.54±0.01 ^{abcd}
O1	5.67±0.54 ^{abc}
O2	5.79±0.28 ^{abc}
E1	5.89±0.15 ^{ab}
E2	5.71±0.71 ^{abc}
US1	6.11±0.48 ^a
US2	4.79±0.08 ^d
HPP1	5.01±0.17 ^{cd}
HPP2	5.67±0.03 ^{abc}
HPP3	5.19±0.17 ^{bcd}

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.4 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Titrasyon Asitliği Değerleri Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	TİTRASYON ASİTLİĞİ (%)
K	0.06±0.02 ^a
O1	0.07±0.00 ^a
O2	0.06±0.00 ^a
E1	0.07±0.00 ^a
E2	0.07±0.00 ^a
US1	0.07±0.01 ^a
US2	0.06±0.01 ^a
HPP1	0.06±0.00 ^a
HPP2	0.05±0.00 ^a
HPP3	0.06±0.01 ^a

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.5 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin L*, a*, b* Değerleri Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	L*	a*	b*
K	36.90±0.68 ^b	16.72±1.24 ^b	17.88±1.07 ^c
O1	43.99±3.08 ^a	19.36±5.64 ^{ab}	24.82±9.04 ^{abc}
O2	45.14±2.21 ^a	18.77±2.63 ^b	21.99±2.08 ^{bc}
E1	45.60±1.74 ^a	18.95±0.55 ^b	22.10±0.64 ^{bc}
E2	43.64±2.58 ^a	17.11±1.56 ^b	20.81±1.06 ^{bc}
US1	45.01±2.20 ^a	21.33±1.78 ^{ab}	23.03±1.02 ^{bc}
US2	46.48±2.82 ^a	28.64±5.25 ^a	39.28±7.86 ^a
HPP1	43.31±4.72 ^a	24.49±4.98 ^{ab}	32.93±9.67 ^{abc}
HPP2	41.33±1.34 ^{ab}	24.14±5.44 ^{ab}	32.79±10.37 ^{abc}
HPP3	41.75±1.34 ^{ab}	25.78±6.16 ^{ab}	34.36±10.77 ^{ab}

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.6 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Kroma (C*) Değerleri Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	KROMA (C*)
K	24.49±1.47 ^b
O1	31.52±10.55 ^{ab}
O2	28.92±3.29 ^b
E1	29.11±0.76 ^b
E2	26.96±1.66 ^b
US1	31.42±1.41 ^{ab}
US2	48.62±9.43 ^a
HPP1	41.09±10.69 ^{ab}
HPP2	40.77±11.55 ^{ab}
HPP3	42.99±12.29 ^{ab}

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.7 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Hue (h°) Değerleri Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	HUE (h°)
K	0.54±0.08 ^a
O1	0.31±0.13 ^{abc}
O2	0.41±0.06 ^{abc}
E1	0.42±0.03 ^{abc}
E2	0.36±0.09 ^{abc}
US1	0.53±0.13 ^{ab}
US2	0.20±0.04 ^c
HPP1	0.26±0.15 ^c
HPP2	0.25±0.15 ^c
HPP3	0.27±0.13 ^{bc}

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.8 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Toplam Renk Değişimi (ΔE) Değerleri Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	TRD (ΔE)
K	1.27 $\pm$ 0.87 ^c
O1	4.01 $\pm$ 1.71 ^b
O2	3.99 $\pm$ 0.93 ^b
E1	4.17 $\pm$ 0.32 ^{ab}
E2	3.47 $\pm$ 0.60 ^{bc}
US1	4.48 $\pm$ 0.37 ^{ab}
US2	6.65 $\pm$ 1.00 ^a
HPP1	5.54 $\pm$ 0.92 ^{ab}
HPP2	5.19 $\pm$ 1.49 ^{ab}
HPP3	5.51 $\pm$ 1.52 ^{ab}

*Çizelgedeki değerler ortalama $\pm$ standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.9 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Esmerleşme İndeksi Değerleri Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	ESMERLEŞME İNDEKSİ
K	100.79±5.64 ^a
O1	93.66±5.33 ^a
O2	96.97±9.16 ^a
E1	94.82±2.92 ^a
E2	90.43±5.37 ^a
US1	102.03±5.02 ^a
US2	97.46±4.27 ^a
HPP1	82.09±15.66 ^a
HPP2	101.47±30.66 ^a
HPP3	82.55±10.87 ^a

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.10 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Toplam Antioksidan Kapasite (%) Değerleri Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	TOPLAM ANTİOKSİDAN KAPASİTE (%)
K	23.63±1.88 ^c
O1	51.95±14.21 ^{abc}
O2	53.35±9.20 ^{abc}
E1	64.38±4.73 ^{ab}
E2	62.62±24.69 ^{ab}
US1	39.49±1.88 ^{bc}
US2	52.60±29.24 ^{abc}
HPP1	81.64±2.87 ^a
HPP2	68.74±22.15 ^{ab}
HPP3	83.21±6.51 ^a

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.11 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Toplam Fenolik Madde Değerleri Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	TOPLAM FENOLİK MADDE (mg/100 mL)
K	1.15±0.38 ^a
O1	1.19±0.48 ^a
O2	1.11±0.36 ^a
E1	1.09±0.32 ^a
E2	1.15±0.60 ^a
US1	1.04±0.31 ^a
US2	0.62±0.02 ^a
HPP1	0.58±0.03 ^a
HPP2	0.58±0.02 ^a
HPP3	0.62±0.03 ^a

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.12 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Toplam Karotenoid Miktarı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	TOPLAM KAROTENOİD MİKTARI (mg/mL)
K	0.001±0.00 ^a
O1	0.001±0.00 ^b
O2	0.001±0.00 ^c
E1	0.000±0.00 ^d
E2	0.001±0.00 ^e
US1	0.001±0.00 ^f
US2	0.001±0.00 ^g
HPP1	0.000±0.00 ^h
HPP2	0.000±0.00 ⁱ
HPP3	0.000±0.00 ^j

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.13 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Tartarik Asit Miktarı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	TARTARİK ASİT (mg/L)
K	162.12±1.31 ^b
O1	297.29±118.62 ^a
O2	77.03±58.51 ^{bc}
E1	0.11±0.00 ^c
E2	125.83±2.49 ^b
US1	123.76±0.63 ^b
US2	0.11±0.00 ^c
HPP1	292.15±67.80 ^a
HPP2	396.88±45.23 ^a
HPP3	356.71±7.01 ^a

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.14 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Malik Asit Miktarı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	MALİK ASİT (mg/L)
K	1203.42±10.29 ^a
O1	983.21±3.17 ^a
O2	965.23±12.60 ^a
E1	1237.00±13.28 ^a
E2	555.46±449.90 ^b
US1	1220.13±2.56 ^a
US2	1304.25±96.60 ^a
HPP1	1116.12±3.76 ^a
HPP2	1167.72±82.84 ^a
HPP3	1108.99±7.07 ^a

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.15 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Sitrik Asit Miktarı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	SİTRİK ASİT (mg/L)
K	498.15±5.34 ^{bc}
O1	515.29±3.49 ^{bc}
O2	404.76±108.49 ^d
E1	330.15±77.33 ^d
E2	109.52±70.45 ^e
US1	326.58±28.47 ^d
US2	584.18±106.80 ^{ab}
HPP1	705.87±25.86 ^a
HPP2	452.47±112.39 ^{bcd}
HPP3	704.84±17.39 ^a

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.16 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Süksinik Asit Miktarı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	SÜKSİNİK ASİT (mg/L)
K	38.48±1.40 ^b
O1	61.66±10.03 ^a
O2	1.54±0.00 ^d
E1	23.73±4.30 ^c
E2	1.54±0.00 ^d
US1	1.54±0.00 ^d
US2	1.54±0.00 ^d
HPP1	1.54±0.00 ^d
HPP2	1.54±0.00 ^d
HPP3	1.54±0.00 ^d

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.17 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Fumarik Asit Miktarı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	FUMARİK ASİT (mg/L)
K	287.13±3.53 ^b
O1	401.21±4.64 ^a
O2	250.44±42.55 ^b
E1	95.12±9.40 ^c
E2	122.81±73.78 ^d
US1	4.45±2.69 ^c
US2	4.45±2.69 ^d
HPP1	103.68±41.21 ^c
HPP2	163.06±19.06 ^c
HPP3	94.97±23.30 ^c

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.18 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Askorbik Asit Miktarı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	ASKORBİK ASİT (mg/L)
K	1.09±0.02 ^c
O1	0.86±0.33 ^c
O2	1.20±0.00 ^{bc}
E1	1.12±0.03 ^c
E2	0.64±0.04 ^c
US1	0.78±0.27 ^c
US2	1.16±0.02 ^c
HPP1	2.77±0.01 ^a
HPP2	1.93±0.90 ^b
HPP3	3.04±0.15 ^a

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.19 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Gallik Asit Miktarı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	GALLİK ASİT (mg/L)
K	0.49±0.01 ^{ab}
O1	0.29±0.03 ^d
O2	0.33±0.00 ^d
E1	0.40±0.03 ^{bcd}
E2	0.39±0.00 ^{bcd}
US1	0.37±0.08 ^{cd}
US2	0.59±0.04 ^a
HPP1	0.40±0.06 ^{bcd}
HPP2	0.32±0.06 ^d
HPP3	0.47±0.01 ^{bc}

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.20 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin (+) Katesin Miktarı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	(+) KATESİN (mg/L)
K	0.30±0.00 ^b
O1	0.46±0.16 ^b
O2	0.74±0.10 ^a
E1	0.38±0.08 ^b
E2	0.42±0.05 ^b
US1	0.47±0.23 ^b
US2	0.35±0.11 ^b
HPP1	0.54±0.06 ^{ab}
HPP2	0.48±0.00 ^{ab}
HPP3	0.42±0.00 ^b

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.21 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin (-) Epikatesin Miktarı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	(-) EPİKATESİN (mg/L)
K	0.20±0.05 ^c
O1	0.54±0.32 ^a
O2	0.33±0.05 ^{abc}
E1	0.41±0.00 ^{abc}
E2	0.22±0.00 ^{bc}
US1	0.45±0.15 ^{abc}
US2	0.38±0.00 ^{abc}
HPP1	0.47±0.03 ^{abc}
HPP2	0.30±0.07 ^{abc}
HPP3	0.49±0.02 ^{ab}

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

** Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.22 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Kafeik Asit Miktarı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	KAFEİK ASİT (mg/L)
K	0.53±0.05 ^a
O1	0.46±0.00 ^{bc}
O2	0.48±0.01 ^{abc}
E1	0.54±0.01 ^a
E2	0.51±0.01 ^{ab}
US1	0.49±0.02 ^{abc}
US2	0.45±0.01 ^c
HPP1	0.48±0.01 ^{abc}
HPP2	0.50±0.01 ^{abc}
HPP3	0.48±0.00 ^{abc}

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.23 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Klorojenik Asit Miktarı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	KLOROJENİK ASİT (mg/L)
K	0.37±0.16 ^a
O1	0.18±0.01 ^b
O2	0.25±0.02 ^{ab}
E1	0.27±0.09 ^{ab}
E2	0.18±0.03 ^b
US1	0.24±0.00 ^{ab}
US2	0.21±0.03 ^b
HPP1	0.20±0.03 ^b
HPP2	0.19±0.03 ^b
HPP3	0.16±0.01 ^b

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.24 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Para-Kumarik Asit Miktarı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	PARA-KUMARİK ASİT (mg/L)
K	0.12±0.01 ^b
O1	0.14±0.00 ^b
O2	0.11±0.00 ^b
E1	0.11±0.00 ^b
E2	0.12±0.00 ^b
US1	0.16±0.04 ^{ab}
US2	0.22±0.06 ^a
HPP1	0.11±0.00 ^b
HPP2	0.11±0.00 ^b
HPP3	0.12±0.01 ^b

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.25 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Alfa Karoten Miktarı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	ALFA KAROTEN (mg/L)
K	0.12±0.06 ^{cd}
O1	0.50±0.33 ^{ab}
O2	0.34±0.08 ^{bcd}
E1	0.46±0.04 ^{abc}
E2	0.47±0.01 ^{abc}
US1	0.63±0.15 ^{ab}
US2	0.35±0.18 ^{bcd}
HPP1	0.38±0.13 ^{bcd}
HPP2	0.07±0.00 ^d
HPP3	0.77±0.16 ^a

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.26 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Beta Karoten Miktarı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	BETA KAROTEN (mg/L)
K	1.61±0.37 ^{bc}
O1	3.52±1.71 ^{ab}
O2	2.73±0.50 ^{abc}
E1	2.99±0.24 ^{ab}
E2	4.02±0.07 ^a
US1	4.60±0.78 ^a
US2	3.08±1.22 ^{ab}
HPP1	2.95±0.94 ^{ab}
HPP2	0.83±0.38 ^c
HPP3	4.71±0.89 ^a

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.27 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Toplam Bakteri Sayısı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	TMAB (log kob/mL)
K	5.77±1.10 ^a
O1	2.64±0.04 ^b
O2	2.37±0.19 ^b
E1	3.02±0.34 ^b
E2	2.97±0.64 ^b
US1	3.29±0.76 ^b
US2	2.72±0.30 ^b
HPP1	0.67±0.03 ^c
HPP2	0.00±0.00 ^c
HPP3	0.00±0.00 ^c

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.28 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Toplam Maya Küf Sayısı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	TOPLAM MAYA KÜF (log kob/mL)
K	5.71±0.44 ^a
O1	3.72±0.29 ^c
O2	0.00±0.00 ^d
E1	4.50±0.17 ^{bc}
E2	4.06±1.01 ^{bc}
US1	4.84±0.04 ^{ab}
US2	4.28±0.39 ^{bc}
HPP1	0.00±0.00 ^d
HPP2	0.00±0.00 ^d
HPP3	0.00±0.00 ^d

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.29 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Toplam Koliform Sayısı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	TOPLAM KOLİFORM (log kob/mL)
K	6.32±1.41 ^a
O1	3.29±0.14 ^c
O2	2.96±0.58 ^c
E1	3.82±0.49 ^{bc}
E2	4.74±0.41 ^b
US1	4.90±0.12 ^b
US2	4.59±0.21 ^b
HPP1	0.00±0.00 ^d
HPP2	0.00±0.00 ^d
HPP3	0.00±0.00 ^d

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.30 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Toplam *E. coli* O157:H7 Sayısı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	<i>E. coli</i> O157:H7 (log kob/mL)
K	4.73±0.43 ^a
O1	0.00±0.00 ^b
O2	0.00±0.00 ^b
E1	4.42±0.28 ^a
E2	4.14±0.48 ^a
US1	4.24±0.52 ^a
US2	4.01±0.74 ^a
HPP1	0.00±0.00 ^b
HPP2	0.12±0.24 ^b
HPP3	0.00±0.00 ^b

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.31 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Toplam *S. Typhimirium* Sayısı Üzerine Etkisi

UYGULAMALAR	<i>S. typhimirium</i> (log kob/mL)
K	5.66±0.40 ^a
O1	2.46±0.24 ^c
O2	2.00±0.00 ^c
E1	3.33±0.27 ^b
E2	3.53±0.23 ^b
US1	3.82±0.43 ^b
US2	3.23±0.47 ^b
HPP1	0.39±0.22 ^{de}
HPP2	1.00±0.00 ^d
HPP3	0.00±0.00 ^e

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.32 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Sertlik (N) Değeri Üzerine Etkisi

ORTALAMA	SERTLİK (N)
K	27.20±2.89 ^{ab}
O1	30.57±5.18 ^a
O2	28.61±4.69 ^a
E1	26.44±5.45 ^{ab}
E2	27.29±2.93 ^{ab}
US1	26.74±1.83 ^{ab}
US2	26.30±2.86 ^{ab}
HPP1	31.14±1.80 ^a
HPP2	19.91±2.40 ^b
HPP3	25.10±0.28 ^{ab}

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Ek A.33 Farklı Proses Uygulamalarının Havuç Örneklerinin Kesme (N s)
Değeri Üzerine Etkisi

ORTALAMA	KESME (N s)
K	182.28±9.27 ^a
O1	183.35±28.52 ^a
O2	180.84±20.47 ^a
E1	170.88±36.88 ^{ab}
E2	179.50±8.92 ^{ab}
US1	167.91±9.01 ^{ab}
US2	163.88±20.87 ^{abc}
HPP1	130.38±32.97 ^{bcd}
HPP2	81.71±2.11 ^d
HPP3	116.51±0.14 ^{cd}

*Çizelgedeki değerler ortalama±standart sapma olarak gösterilmiştir.

**Aynı sütunda farklı üstsel harflerle belirtilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Pınar ÖZDEMİR

Doğum Yeri ve Tarihi : BOLU 20.10.1991

Lisans Üniversite : Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Elektronik posta : p.ozdemir14@gmail.com

İletişim Adresi : Karamanlı Mah. Şen Sok. Aksoy Apt. No:17/8
Merkez/BOLU

Yayın Listesi : Özdemir P ve Evrendilek G A (2015)
“Alternatif Teknolojilerin Havuç Yüzeyinin
Dezenfeksiyonu ve Kalitesi Üzerine Etkisi”, 5.
Gıda Güvenliği Kongresi, 7-8 Mayıs 2015,
İstanbul.

Ödüller : -