

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
2020-YL-026

**ULTRASES TEKNOLOJİSİ VE SANİTASYON
AJANLARI İLE YIKAMA İŞLEMLERİNİN KURU
İNCİRİN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

Fulya OKUROĞLU

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Fatih Mehmet YILMAZ

AYDIN

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Fulya OKUROĞLU tarafından hazırlanan “Ultrases Teknolojisi ve Sanitasyon Ajanları ile Yıkama İşlemlerinin Kuru İncirin Kalite Özelliklerine Etkileri” başlıklı tez, 18.05.2020 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan: Dr. Öğr. Üyesi Fatih Mehmet YILMAZ	ADÜ	
Üye: Prof. Dr. H. Halil BIYIK	ADÜ	
Üye: Doç. Dr. Mehmet KARAASLAN	HRÜ	
Üye: Doç. Dr. Seda ERSUS	Ege Üni.	
Üye: Dr. Öğr. Üyesi Çisem BULUT ALBAYRAK	ADÜ	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Yüksek Lisans tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun Sayılı kararıyla tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Gönül AYDIN

Enstitü Müdürü

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

18/05/2020

Fulya OKUROĞLU

ÖZET

ULTRASES TEKNOLOJİSİ VE SANİTASYON AJANLARI İLE YIKAMA İŞLEMLERİNİN KURU İNCİRİN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Fulya OKUROĞLU

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Fatih Mehmet YILMAZ

2020, 85 Sayfa

Bu tez çalışmasının amacı, kuru incirde olası mikrobiyal kontaminasyonları gidermek için uygulanan yıkama işlemlerine alternatif olarak ultrases teknolojisi ile sanitasyon ajanlarının (peroksiasetik asit ve sodyum klorür) etkilerinin incelenmesidir. Bu kapsamda, *Escherichia coli* NRRL B-59838, *Bacillus cereus* CCM 99 ve *Penicillium expansum* NRRL 35695 ile inokülasyon işlemi ($\sim 10^7$ KOB g^{-1}) uygulanan kuru incirler (*Ficus carica* L. cv. Sarılop) ultrases (US), peroksiasetik asit (PAA) ve sodyum klorür (NaCl) çözeltilerinin tekli ve kombinasyonları ile yıkama işlemlerine tabi tutulmuş; yanıt yüzey metodu (RSM) kullanılarak her bir yıkama işlemi için işlem parametrelerinin etkileri incelenerek optimum koşullar belirlenmiştir. Kombine yıkama işlemleri için optimum işlem koşulları 527 W US – 148 ppm PAA; 527 W US – %11,0 NaCl; 108 ppm PAA – %10,6 NaCl ve 203 W US – 89 ppm PAA – %10,4 NaCl olarak belirlenmiştir. Kombine yıkama işlemleri ile işlem koşul limitlerinin azaldığı; ayrıca mikrobiyal dekontaminasyon etkinliğinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. İşlemlerin en çok *E. coli* mikrobiyotasını etkilediği belirlenmiştir. Mikrobiyal dekontaminasyon etkisi incelendiğinde, US & PAA ikili ve US, PAA ve NaCl üçlü yıkama işlemlerinin ön plana çıktığı; ancak üçlü yıkama işlemi ile işlem parametrelerinin önemli ölçüde azaldığı bulgulanmıştır. Bu koşulda kuru incirde mikrobiyal azalma miktarları sırasıyla; *E. coli* için $3,09 \pm 0,07$; *B. cereus* için $0,82 \pm 0,03$; *P. expansum* için ise $0,98 \pm 0,06$ log KOB g^{-1} olarak belirlenmiştir. Optimum işlem koşullarında inokülasyona tabi tutulmamış kuru incir örneklerine ayrıca renk, HPLC ile karbonhidrat, fenolik madde, antioksidan kapasite ve tekstür analizi gibi analizler de uygulanarak işlemlerin ürün fizikokimyasal özellikleri üzerine etkileri de değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kuru incir, dekontaminasyon, ultrases yıkama, peroksiasetik asit, sodyum klorür, mikrobiyal inokülasyon, meyve ve sebze yıkama.

ABSTRACT

THE EFFECTS OF WASHING TREATMENTS WITH ULTRASOUND TECHNOLOGY AND SANITATION AGENTS ON THE QUALITY ATTRIBUTES OF DRIED FIGS

Fulya OKUROĞLU

Master of Science Thesis, Food Engineering Department

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Fatih Mehmet YILMAZ

2020, 85 Pages

The aim of this study was to determine the effects of ultrasound and sanitation agents (peroxyacetic acid and sodium chloride) as an alternative to washing processes applied to dried figs to eliminate possible microbial contaminations in dried figs. In this context, dried figs (*Ficus carica* L. cv. Sarılop) inoculated ($\sim 10^7$ CFU g⁻¹) with *Escherichia coli* NRRL B-59838, *Bacillus cereus* CCM 99 and *Penicillium expansum* NRRL 35695, were subjected to washing processes with single and combinations of ultrasound (US), peroxyacetic acid (PAA) and sodium chloride (NaCl) solutions; the optimum conditions were determined by analyzing the effects of the process parameters for each washing process using the response surface methodology (RSM). Optimum process conditions for combined washing processes were determined as 527 W US – 148 ppm PAA; 527 W US – 11.0% NaCl; 108 ppm PAA – 10.6% NaCl and 203 W US - 89 ppm PAA – 10.4% NaCl. Combined washing treatments significantly reduced the parameter levels by increasing the decontamination efficiency. *E. coli* was the mostly affected microorganism after the treatments. According to decontamination effects, US & PAA binary and US, PAA and NaCl triple washing processes were the prominent treatments where the triple washing process significantly reduced the process parameters. In this condition, the microbial reductions in dried figs were for *E. coli*; 3.09 ± 0.07 , for *B. cereus*; 0.82 ± 0.03 , for *P. expansum*; 0.98 ± 0.06 log CFU g⁻¹. The effects of the processes on the physicochemical properties were also evaluated by color, carbohydrate, phenolic compound, antioxidant capacity and texture analysis of non-inoculated dried figs which were subjected to washing treatments at optimum conditions.

Keywords: Dried fig, decontamination, ultrasound washing, peroxyacetic acid, sodium chloride, microbial inoculation, fruit and vegetable washing.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince her konuda yardım ve bilgilerini esirgemeyen Danışman Hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Fatih Mehmet YILMAZ'a teşekkür ederim.

Değerli zamanlarını ayırıp tezimi değerlendiren, tez savunma jüri üyesi Hocalarım Prof. Dr. H. Halil BIYIK, Doç. Dr. Mehmet KARAASLAN, Doç. Dr. Seda ERSUS ve Dr. Öğr. Üyesi Çisem BULUT ALBAYRAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar imkânlarını bu tez çalışmasının yürütülebilmesi için sunan, *Bacillus cereus* suşunu sağlayan ve ayrıca her yönden bana destek olan Sayın Hocam Prof. Dr. H. Halil BIYIK'a teşekkür ederim.

Tez çalışmasında gerekli olan *Escherichia coli* suşunun teminini sağlayan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Çisem BULUT ALBAYRAK'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Ahmet GÖRGÜÇ, Esra GENÇDAĞ ve Senem ÖZTÜRK KÖSE'ye teşekkür ederim.

Tez çalışması için maddi destek sağlayan TÜBİTAK Araştırma Destek Programları Başkanlığına (Proje No: 218O151); çalışmalarda kullanılan hammadde teminini sağlayan Seyrek Tarım Ürünleri San. ve Tic. Ltd. Şti.'ye ve Gıda Mühendisi Sn. Merve Filik'e teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde en büyük paya sahip, desteklerini ve sevgilerini hiçbir zaman esirgemeyen canım annem Rukiye OKUROĞLU ve canım babam Ercüment OKUROĞLU'na, canım abim Hayrettin OKUROĞLU'na teşekkür ederim.

Fulya OKUROĞLU

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	ix
ÖNSÖZ	xi
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	xvii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxi
EKLER DİZİNİ.....	xxiii
1 . GİRİŞ	1
2 . KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1 . İncirin Tarihi	4
2.1.1 . <i>Ficus carica</i> L.'nin Sınıflandırılması ve Coğrafik Dağılımı	5
2.1.2 . Dünyada ve Türkiye'de İncir Üretimi	5
2.2 . Kuru İncir Besin Değeri	7
2.3 . Kuru İncir Üretimi ve İşlenmesi.....	8
2.4 . Meyve ve Sebzelerde Dekontaminasyon	9
2.4.1 . Ultrases ve Sanitasyon Ajanları ile Yıkama.....	10
3 . MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1 . Hammadde Temini ve Ön İşlemler	16

3.2 . Çalışmada Kullanılan Kimyasallar.....	16
3.3 . Yöntem.....	16
3.4 . Bakteri Kültürlerinin Temini, Geliştirilmesi ve İnokülasyon İşlemleri.....	17
3.5 . Yıkama İşlemleri	19
3.5.1 . Tekli Yıkama İşlemleri (Ultras, Peroksiasetik asit ve Sodyum Klorür)..	19
3.5.2 . Yıkama İşlemlerinin İkili Kombinasyonları.....	20
3.5.3 . Ultras, Peroksiasetik asit ve Sodyum Klorür ile Üçlü Kombine Yıkama İşlemleri.....	21
3.6 . Mikrobiyolojik Analizler.....	22
3.7 . Yıkama İşlemlerinin Kuru İncirin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Etkileri	23
3.8 . Fiziksel ve Kimyasal Analizler	24
3.8.1 . Toplam Kuru Madde İçeriği.....	24
3.8.2 . Su Aktivitesi Değeri	24
3.8.3 . pH Değeri	25
3.8.4 . Toplam Asitlik Değeri.....	25
3.8.5 . Sertlik ve Yapışkanlık Değerleri	26
3.8.6 . Renk Analizi.....	27
3.8.7 . Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Kapasite Analizleri için Ekstraksiyon İşlemi.....	27
3.8.8 . Toplam Fenolik Madde	28
3.8.9 . DPPH Yöntemi ile Antioksidan Kapasite Analizi.....	28

3.8.10 . ABTS Yöntemi ile Antioksidan Kapasite Analizi.....	29
3.8.11 . HPLC ile Şeker Bileşiminin Belirlenmesi.....	29
3.9 . Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistikî Analizler	30
4 . BULGULAR VE TARTIŞMA	32
4.1 . Tekli Yıkama İşlemlerinin İnoküle Kuru İncirlerin Mikrobiyal Yüklerine Etkileri.....	32
4.2 . Kombine Yıkama İşlemlerinin İnoküle Kuru İncirlerin Mikrobiyal Yüklerine Etkileri.....	35
4.2.1 . Ultrases ve Peroksiasetik Asit (PAA) Kombine Yıkama İşleminin İnoküle Kuru İncirlerin Mikrobiyal Yüklerine Etkileri.....	35
4.2.2 . Ultrases ve Sodyum Klorür (NaCl) Kombine Yıkama İşleminin İnoküle Kuru İncirlerin Mikrobiyal Yüklerine Etkileri	40
4.2.3 . Peroksiasetik Asit (PAA) ve Sodyum Klorür (NaCl) Kombine Yıkama İşleminin İnoküle Kuru İncirlerin Mikrobiyal Yüklerine Etkileri.....	44
4.2.4 . Ultrases, Peroksiasetik Asit (PAA) ve Sodyum Klorür (NaCl) Kombine Yıkama İşleminin İnoküle Kuru İncirlerin Mikrobiyal Yüklerine Etkileri	48
4.3 . Optimizasyon ve Verifikasyon.....	55
4.4 . Ultrases, Peroksiasetik Asit (PAA) ve Sodyum Klorür (NaCl) Yıkama İşlemlerinin Kuru İncirin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Etkileri	58
5 . SONUÇ	68
KAYNAKÇA	69
EKLER.....	82
ÖZGEÇMİŞ	85

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

ABTS:	2,2-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)
ANOVA:	Varyans analizi
CCD:	Merkezi tümleşik tasarım
DPPH:	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
GAE:	Gallik asit eşdeğeri
HPLC:	Yüksek basınçlı sıvı kromatografisi
Hz:	Hertz
KM:	Kuru madde
KOB:	Koloni oluşturan birim
NaCl:	Sodyum klorür
<i>P</i> :	İstatistikî anlamlılık seviyesi
PAA:	Peroksiasetik asit
PBS:	Fosfat tamponlu tuz çözeltisi
R ² :	Uyum katsayısı
rpm:	Dakikadaki tur sayısı
RSM:	Yanıt yüzey metodu
TE:	Troloks eşdeğeri
TFM:	Toplam fenolik madde
US:	Ultrases
UV:	Ultraviyole ışın
<i>v</i> :	Hacim
<i>w</i> :	Ağırlık

- W: Watt
- X_i : Bağımsız değişken (i 'ye bağlı)
- X_j : Bağımsız değişken (j 'ye bağlı)
- Y: Bağımlı değişken
- β : Regresyon katsayısı



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Caria yerleşim yeri (Anonim, 2019a).....	4
Şekil 2.2. Kuru incir	5
Şekil 2.3. Kuru incir işleme akış şeması	9
Şekil 3.1. <i>B. cereus</i> sporlarının 14 günlük gelişiminden sonra spor boyama aşaması	17
Şekil 3.2. <i>P. expansum</i> için stok kültür hazırlama aşaması.....	18
Şekil 3.3. Kuru incirlerde inokülasyon sonrası bekleme aşaması	18
Şekil 3.4. Kuru incirlere uygulanan tekli ve kombine yıkama işlemleri	19
Şekil 3.5. Ultrases yıkama cihazı	20
Şekil 3.6. Mikrobiyolojik işlemlere ait görseller.....	23
Şekil 3.7. Toplam kuru madde analizi sonrası sabit tartıma ulaşmış kuru incirler	24
Şekil 3.8. Titre edilen kuru incir çözeltisi	26
Şekil 3.9. İğne uçlu prob ile kuru incirde tektür analizi	26
Şekil 3.10. Kuru incirde renk ölçümü	27
Şekil 3.11. Ekstraksiyon işlemi	28
Şekil 3.12. Viallere aktarılan kuru incir ekstraktları	30
Şekil 4.1. Ultrases – peroksiasetik asit kombine yıkama işlemlerinin bağımlı değişkenler üzerine etkilerinin üç boyutlu grafikleri	40
Şekil 4.2. Ultrases – NaCl kombine yıkama işlemlerinin bağımlı değişkenler üzerine etkilerinin üç boyutlu grafikleri.....	43

Şekil 4.3. Peroksiasetik asit – sodyum klorür kombine yıkama işlemlerinin bağımlı değişkenler üzerine etkilerinin üç boyutlu grafikleri..... 47

Şekil 4.4. Kuru incirlerde Ultrases – Peroksiasetik asit – NaCl kombine yıkama işleminin *E. coli* mikrobiyal yükündeki etkilerinin üç boyutlu grafikleri 52

Şekil 4.5. Kuru incirlerde Ultrases – Peroksiasetik asit – NaCl kombine yıkama işleminin *B. cereus* mikrobiyal yükündeki etkisi 53

Şekil 4.6. Kuru incirlerde Ultrases – Peroksiasetik asit – NaCl kombine yıkama işleminin *P. expansum* mikrobiyal yükündeki etkisi..... 54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Yıllara göre dünya yaş incir üretim miktarları (ton)	6
Çizelge 2.2. Yıllara göre dünya kuru incir üretim miktarları (ton)	7
Çizelge 2.3. Türkiyede kuru incir üretim miktarları	7
Çizelge 2.4. Taze ve kuru incirin besin öğeleri (100 g başına)	8
Çizelge 2.5. Çeşitli meyve ve sebzelerin ultrases ve sanitasyon ajanları ile yıkanmasına dair literatür bulguları	12
Çizelge 2.5. (Devam)	13
Çizelge 3.1. Ultrases ve peroksiasetik asit ile yıkama aşamasına ait yanıt yüzey yöntemi için kodlanmış seviyeler.....	20
Çizelge 3.2. Ultrases ve sodyum klorür (NaCl) ile yıkama aşamasına ait yanıt yüzey yöntemi için kodlanmış seviyeler.....	21
Çizelge 3.3. Peroksiasetik asit ve sodyum klorür (NaCl) ile kuru incirde yapılan yıkama aşamasına ait yanıt yüzey yöntemi için kodlanmış seviyeler	21
Çizelge 3.4. Ultrases, peroksiasetik asit ve sodyum klorür (NaCl) ile yıkama aşamasına ait yanıt yüzey yöntemi için kodlanmış seviyeler.....	22
Çizelge 4.1. Kuru incirde tekli yıkamalara ait <i>E. coli</i> , <i>B. cereus</i> ve <i>P. expansum</i> mikrobiyal yükündeki düşüşler	35
Çizelge 4.2. Ultrases ve peroksiasetik asit (PAA) kombine yıkama işlemine ait deneysel tasarım ve bağımlı değişkenlerin analiz sonuçları.....	37
Çizelge 4.3. Ultrases ve peroksiasetik asit (PAA) kombine yıkama işlemine ait istatistikî analiz sonuçları ve model katsayıları.....	39
Çizelge 4.4. Ultrases ve sodyum klorür (NaCl) kombine yıkama işlemine ait deneysel tasarım ve bağımlı değişkenlerin analiz sonuçları.....	41

Çizelge 4.5. Ultrases ve sodyum klorür (NaCl) kombine yıkama işlemine ait istatistikî analiz sonuçları ve model katsayıları	42
Çizelge 4.6. Peroksiasetik asit (PAA) ve sodyum klorür (NaCl) kombine yıkama işlemine ait deneysel tasarım ve bağımlı değişkenlerin analiz sonuçları	45
Çizelge 4.7. Peroksiasetik asit (PAA) ve sodyum klorür (NaCl) kombine yıkama işlemine ait istatistikî analiz sonuçları ve model katsayıları	46
Çizelge 4.8. Ultrases, peroksiasetik asit (PAA) ve sodyum klorür (NaCl) kombine yıkama işlemine ait deneysel tasarım ve bağımlı değişkenlerin analiz sonuçları..	49
Çizelge 4.9. Ultrases, peroksiasetik asit (PAA) ve sodyum klorür (NaCl) ile kombine yıkama işlemine ait istatistikî analiz sonuçları ve model katsayıları.....	50
Çizelge 4.10. Yıkama işlemlerine ait optimum işlem koşulları ve deneysel analiz sonuçları	56
Çizelge 4.11. Kuru incirde toplam kuru madde, su aktivitesi, pH, toplam asitlik, sertlik ve yapışkanlık değerleri.....	60
Çizelge 4.12. Kuru incirde renk değerleri	62
Çizelge 4.13. Kuru incirde toplam fenolik madde, antioksidan kapasite (DPPH, ABTS) ve karbonhidrat analiz sonuçları	67

EKLER DİZİNİ

Ek 1. Toplam fenolik madde miktarı analizi için gallik asit standardı ile oluşturulmuş kalibrasyon eğrisi	82
Ek 2. Troloks eşdeğer antioksidan kapasite (DPPH) analizi için troloks standardı ile oluşturulmuş kalibrasyon eğrisi	82
Ek 3. Troloks eşdeğer antioksidan kapasite (ABTS) değeri için troloks standardı ile oluşturulmuş kalibrasyon eğrisi	83
Ek 4. Sakaroz standardı için oluşturulan kalibrasyon eğrisi.....	83
Ek 5. Glikoz standardı için oluşturulan kalibrasyon eğrisi	84
Ek 6. Früktoz standardı için oluşturulan kalibrasyon eğrisi	84

1. GİRİŞ

Günümüzde gıdaların hasadı, işlenmesi, ambalajlanması ve taşınması sırasında mikrobiyal açıdan birçok risk faktörleri oluşmaktadır. Gıdaların sanitasyonunda birçok antibakteriyel ve sanitasyon ajanları kullanılmaktadır. Kullanılan sanitasyon ajanlarının insan sağlığına ve çevreye zararları olup olmadığı her zaman tartışma konusu olmuştur. Bu nedenle gıdaların raf ömrünü uzatan, patojen mikroorganizmaları etkisiz hale getiren ve aynı zamanda gıdaların besin değerini ve organoleptik özelliklerini en az etkileyen yeni yöntemler üzerinde çalışılmaktadır (Ersus Bilek ve Turantaş, 2013). Uygulanan teknolojik işlemler gıdanın yapısal özellikleri üzerinde birçok değişikliğe neden olmaktadır. Bu nedenle, gıdaların fiziksel ve kimyasal özelliklerini en az oranda etkileyen teknolojiyi geliştirmek çok önemlidir (Pereira ve Vicente, 2010). Meyve ve sebzelerin sanitasyonu, gıda kaynaklı zehirlenmeleri önlemek adına büyük önem arz etmektedir. Meyve ve sebzelerin kirlilik kaynakları arasında tohum, toprak, sulama suyu, gübre ve kanalizasyon gösterilebilir (Heredia ve Garcia, 2018).

Kurutulmuş meyvelerdeki toplam mikroorganizma sayısı, gram başına birkaç yüzden binlerceye kadar ulaşabilmekte ve bunlar, çoğunlukla meyvelerin dış yüzeylerinde bulunmaktadır. Meyvenin bir kısmında, kurutmadan önce veya sonra, uygun koşullar oluşmuşsa çok sayıda küf veya bakteri sporu da mevcut olabilir. Kurutma tepsileri temiz değilse ve yanlış yüklenmişse kurutma işlemi sırasında bakteri ve mantar sayısında belirgin bir artış meydana gelebilir. Çoğu kuru meyvelerin bozulması genellikle depolama, işleme ve nakliye sırasında meydana gelmektedir (Akbal ve Vural, 2018).

Türkiye’de kuru incir işletmelerinin en önemli mikrobiyal sorunları toplam canlı sayısı ile küf-maya sayısının yüksek olması durumu ve bundan kaynaklı ürün kaybı, ihracat problemi ve dolayısıyla ticari kayıplardır. Sezondan sezona farklılık göstermekle birlikte bazı yıllarda toplam canlı ve toplam küf-maya sayısının istenen değerlerden yüksek olması sebebiyle gümrüklerden dönen ve imha edilen incir miktarının 1.500 tona (60 milyon TL) ulaştığı belirtilmektedir. Buna rağmen, Aydın’da ve İzmir’de faaliyet gösteren kuru incir işletmelerinde geleneksel yıkama işleminde yalnızca ~%7 sodyum klorür (NaCl) kullanılmakta ve yıkama işleminin 10 – 12 dk. sürdüğü bilinmektedir. Aydın ve İzmir’de faaliyet gösteren yaklaşık 150 adet incir işletmesi, tüm dünyaya kuru incir işlemekte ve pazarlamaktadır. Sezonda

63.500 ton kuru incir bu firmalardan diğerk ülkelere 250 milyon dolar ihracat rakamlarıyla ulaştırılmaktadır (EİB, 2017).

Son yıllarda yapılan araştırmalarda, ultrases teknolojisi ile meyve ve sebzelerin yıkanmasının önemli dekontaminasyon etki sağladığı vurgulanmaktadır (Seymour vd., 2002; Huang vd., 2006; Zhou vd., 2009; Chen ve Zhu 2011; São José vd., 2012; Sango vd., 2014). Ultrases uygulaması; besinsel, duyuşal, işlevşel özelliklere sahip ve ısııl işleme duyarlı gıdaların mikrobiyolojik güvenliğini ve raf ömrünü uzatmak için tercih edilen ısııl olmayan bir teknolojidir. Ultrases teknolojisinde genellikle 20 kHz'den 100 MHz'e kadar frekanslar kullanılır. Yüksek güç ultrases, kavitasyon özelliğinden dolayı mikroorganizmaları etkisiz hale getirmek için gıda teknolojisinde kullanılmaktadır. Ultrases teknolojisinin gıda endüstrisindeki avantajı, ses dalgalarının güvenli olması, toksik olmaması ve çevre dostu olmasıdır (Ersus Bilek ve Turantaş 2013).

Literatür incelendiğinde, meyve ve sebzelerin yıkanmaları aşamalarında ultrases kullanılmasının mikroorganizmaları etkili bir şekilde azaltabileceği anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, ultrases işlemleriyle birlikte kullanılan farklı sanitasyon ajanlarının, ultrases yıkama işleminin etkinliğini arttırdığı bilgisine ulaşılmıştır (Zhou vd., 2009; Bang vd., 2017; Francisco vd., 2018; Silveira vd., 2018).

Kuru incirin yüzeyinde *Escherichia coli* ve *Bacillus cereus* vejetatif formları ile *Bacillus cereus* spor formlarına rastlandığı bildirilmiştir. Nemli ortamlar ve uygun olmayan depolama sıcaklıkları gibi olumsuz koşullar, kuru incirde mikroorganizma gelişimine neden olmaktadır (Akbas ve Ozdemir, 2008; Anonim, 2013). Bunun dışında *Aspergillus flavus* ve *Penicillium expansum* incir yüzeyinden izole edilen ve kuru incir depolama ve ihracatında kuru incirde toksin oluşumuna neden olan mikroorganizmalardır (Anonim, 2013; Karaca, 2005). Aydın ilinde faaliyet gösteren incir işletme tesisleri ve Aydın Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü yetkilileri ile yapılan görüşmelerde de kuru incirlerde toplam canlı sayısının yüksek olması ve küf – maya problemleri ile karşılaştıldığı durumların olduğu, bu sebeplerden kaynaklı ihracatta sorunların çıktığı ve ürünlerin gümrüklerden geri döndüğü bilgisine ulaşılmıştır. Bu nedenlerle, uygulanan bu tezde, kuru incirlerin yüzeyine kuru incirde rastlanması en muhtemel mikroorganizmalar ile inokülasyon işlemleri gerçekleştirilmiş ve inokülasyon işleminde sonra yıkama yöntemlerinin mikroorganizma sayısını azaltıcı etkileri belirlenmiştir.

Kuru meyve ve sebzelerin yıkanması aşamasında sınırlı sayıda çalışmanın olması, üstelik incir özelinde detaylı çalışmanın olmaması nedeniyle bu tezin sonuçlarının bilimsel literatüre ve ilgili sektörlere kaynak oluşturacağı düşünülmektedir. Tez sonuçlarının incir işletmeleri tarafından kullanılması durumu, bölgeden ihraç edilen ve mikroorganizma yükünden dolayı kabul görmeyip geri gönderilen ve imha edilerek ekonomik kayba neden olan unsurları engelleme potansiyeli taşımaktadır. Dolayısıyla, yukarıda bahsedildiği gibi bu çalışma farklı araştırma fikirlerinin oluşmasına temel teşkil edebilecektir.

Tüm bu bilgiler ışığında bu tez çalışmasının amacı, üretim ve ihracatında dünya lideri olduğumuz kuru incirin geleneksel olan sodyum klorür ile yıkama işlemine alternatif olarak ultrases ile yıkama işlemi gerçekleştirilmesi ve bu sayede ultrases işleminin mikrobiyal dekontaminasyon etkinliğinin incelenmesidir. Bunun yanında, kuru incir yıkama aşamasında ultrases ile çevre ve insan sağlığı için zararlı olmadığı ve kalıntı bırakmadığı bilinen peroksiasetik asit ve sodyum klorür kullanımının dekontaminasyon etkinliklerinin ayrı ayrı ve ultrases uygulaması ile birlikte belirlenmesidir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. İncirin Tarihi

İncirin latince ismi "*Ficus carica*" dır. Adını Ege Bölgesindeki antik yerleşim alanı "Caria" dan alan incir, Anadolu ve Ege'de binlerce yıllık bir geçmişe sahiptir. Şekil 2.1'de Caria yerleşim yerine ait görsel sunulmaktadır (Anonim, 2019a). Eski Yunan ve Mısır uygarlıklarında verimlilik sembolü olarak kabul edilen incirin Anadolu'daki kültürünün insanlık kültürü kadar eski olduğunu Herodotos M.Ö. 484 yılında yazdığı yazılarda belirtmiştir. Eski Yunanlılarda incir yapraklarının onur verici bir hediye olarak kabul edilmesi, incir yaprağından örülmüş taçların başlarda taşınmasının aşırı doğurganlık anlamına gelmesi, kuru incirin Lydia'da yaşamın on temel nimetlerinden biri sayılması, incirin o günlerden bugünlere olan anlamlı ve uzun yolculuğunun ipuçlarını vermektedir (Anonim, 2020a).

İncir ağacı ve meyvesi dini inançlarda sembol olarak kullanılmış ve isminden sıkça bahsedilmiştir. Museviler Fısıh Bayramı kutlamalarında geleneksel yiyecek olarak inciri kullanırken, İncil'de de cennetin bahçelerinde yer alan bir ağaç olarak zikredilmekte ve kutsal meyve olması nedeniyle Noel kutlamalarının vazgeçilmez besini olarak tanımlanmaktadır. Kuran-ı Kerim'de Hz. Muhammed'in "Eğer seçme hakkı olsa cennete götüreceği ağacın incir ağacı olacağı" belirtilmekte, Et-Tin: 1 – 4 Sure'sinde; "Andolsun, incire, zeytine, Sina dağına ve şu emin şehre ki, biz hakikaten, insanı en güzel bir biçimde yarattık" denmektedir (Anonim, 2020a).



Şekil 2.1. Caria yerleşim yeri (Anonim, 2019a)

2.1.1. *Ficus carica* L.'nin Sınıflandırılması ve Coğrafik Dağılımı

Anavatanının Anadolu olduğu belirtilen incir, *Urticales* takımının *Moraceae* familyasının *Ficus* cinsine ait *Ficus carica* L. türüdür. Ege Bölgesindeki Büyük ve Küçük Menderes havzalarının incirin yetişmesi açısından en elverişli iklim koşullarına sahip olduğu ve incir çeşit zenginliğinin en çok bu bölgede olduğu bildirilmiştir. Türkiye, incir çeşitliliği açısından oldukça zengin olmasına rağmen, “Sarılöp” adı verilen incir çeşidi (Şekil 2.2), büyüklüğü, tadı, etli oluşu, açık rengi ve yumuşak kabuğu ile dünyada kurutmaya en uygun olan incir çeşidi olarak belirtilmiştir (Atik, 2012). İncir üretimi yapılan bölgeler, Batı Asya'dan Akdeniz'e kadar yayılmıştır. Türkiye, Mısır, Fas, İspanya, Yunanistan, Kaliforniya, İtalya, Brezilya ve genellikle ılıman kışları ve sıcak kuru yazları olan diğer ülkeler yenilebilir incirlerin başlıca üreticilerindedir (Yemiş vd., 2012). İncir meyvesi, çiğ, kurutulmuş, konserve veya diğer işlenmiş formlarda tüketilmektedir (Mawa vd., 2013).



Şekil 2.2. Kuru incir

2.1.2. Dünyada ve Türkiye’de İncir Üretimi

Dünya yaş incir üretim miktarı yıllara göre değişmekle birlikte son altı yıllık veriler incelendiğinde, dünya incir üretiminin 1.050.459 ton ile 2016/17 sezonunda en düşük düzeyde, 2018/19 sezonunda ise 1.227.750 ton ile en yüksek seviyede gerçekleştiği görülmektedir (Çizelge 2.1). Çizelge 2.1 incelendiğinde, dünya yaş incir üretim miktarlarında önemli derecede dalgalanmaların yaşanmadığı ve her yıl birbirine yakın üretim değerlerinin elde edildiği görülmektedir (Anonim, 2020b).

Çizelge 2.1. Yıllara göre dünya yaş incir üretim miktarları (ton)

Ülkeler	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19
Türkiye	286.724	298.914	300.282	300.600	305.450	305.689	306.499
Mısır	162.075	153.089	176.105	172.474	167.622	177.135	189.339
İran	94.010	78.392	83.787	73.212	70.178	70.730	59.339
Fas	102.341	101.989	126.554	150.011	59.881	137.934	128.380
Cezayir	113.579	117.100	128.620	139.137	131.798	128.684	109.214
Suriye	43.833	46.443	35.301	41.652	43.098	43.084	35.300
A.B.D.	30.642	26.212	30.300	27.397	31.600	28.300	28.874
İspanya	26.750	30.400	28.896	26.479	25.224	36.380	47.750
Tunus	24.250	23.500	27.000	30.000	22.500	22.529	25.696
İtalya	10.787	11.520	10.788	13.112	11.297	11.363	106.47
Brezilya	28.131	28.253	28.053	29.071	26.910	25.883	23.674
Diğerleri	197.079	213.731	169.925	151.220	154.901	180.151	167.215
Toplam	1.120.201	1.129.543	1.145.611	1.159.215	1.050.459	1.167.862	1.227.750

Kuru incirin işlenmesi ve pazarlanması süreci ağırlıklı olarak Eylül – Aralık arasında olmakla birlikte, yılın diğer aylarında da işleme ve ihracat olabilmektedir. Dünya kuru incir üretiminin yaklaşık %57'si Türkiye'de gerçekleşmektedir. Toplam incir ihracatında Türkiye'den sonra diğer pay sahibi ülkeler sırasıyla; İran, ABD, İspanya ve Yunanistan olmuştur (Çizelge 2.2).

İzmir Ticaret Borsası (2019) rekolte raporuna göre (Çizelge 2.3); 2018/19 sezonunda 80.000 ton kuru incir üretim miktarı ile en yüksek değer sağlanmıştır. Çizelge 2.3 incelendiğinde 2007/08, 2011/12 ve 2016/17 yıllarında iklim şartlarına bağlı olarak dalgalanmalar görülmüş ve üretim miktarında az miktarda da olsa düşüşler olmuştur. Türkiye'de kuru incir üretiminin yaklaşık olarak %70 – 75'i (45.000 ton kuru incir) Aydın ilinden karşılanmaktadır. Kuru incir üretiminin geriye kalan %25 – 30'luk kısmının ise (20.000 ton kuru incir) İzmir ilinden karşılandığı belirtilmektedir (Anonim, 2020b).

Çizelge 2.2. Yıllara göre dünya kuru incir üretim miktarları (ton)

Ülke	2011/1	2012/1	2013/14	2014/1	2015/16	2016/1	2018/1
r	2	3		5		7	9
Türkiye	55.653	56.935	61.909	69.731	74.505	72.000	70.000
İran	23.000	22.000	21.759	30.000	30.000	30.000	30.000
ABD	11.000	9.250	10.487	9.000	9.000	9.000	9.500
Yunanistan	8.000	7.600	5.600	7.000	8.000	7.500	7.500
İspanya	5.000	6.000	5.000	5.000	6.000	5.500	6.900
İtalya	4.500	3.900	2.200	3.000	4.000	3.500	4.300
Toplam	107.15	105.68	106.95	123.73	131.50	127.50	135.90
	3	5	5	1	5	0	0

Çizelge 2.3. Türkiyede kuru incir üretim miktarları

Yıllar	Üretim miktarı (ton)
2005/06	56.327
2006/07	60.393
2007/08	48.012
2008/09	50.604
2009/10	56.590
2010/11	58.662
2011/12	55.653
2012/13	56.935
2013/14	61.909
2014/15	69.731
2015/16	74.505
2016/17	72.000
2017/18	78.200
2018/19	80.000

2.2. Kuru İncir Besin Değeri

İncir, eski zamanlardan beri geleneksel olarak çeşitli kültürler tarafından tıbbi amaçlı olarak kullanılmaktadır. İncir meyvesi (*Ficus carica* L.) önemli polifenoller, flavonoidler ve bazı vitaminleri içermesi ve yüksek antioksidan kapasiteye sahip olması ile diğer meyveler arasında ön plana çıkmaktadır. İncir meyvesi; kurutulmuş, taze, reçel, konserve veya meyve suyu (pekmez) olarak tüketilmektedir (Soltana vd., 2019).

İncir meyvesi içerdiği karbonhidrat, kalsiyum, potasyum, B1 ve B2 vitaminleri ile oldukça zengin besin değerine sahiptir. İncir yaş formda iken depolama stabilitesinin düşük olması nedeniyle kuru forma getirilerek depolanmaktadır. Yaş ve kuru incir besin değerleri açısından karşılaştırıldığında bazı farklılıklar görülmektedir. Taze ve kuru incirin içerdiği besin öğelerine ait veriler Çizelge 2.4’te sunulmuştur. Kuru incirin yaş incire kıyasla enerji, protein, karbonhidrat ve kalsiyum miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi kurutmanın neden olduğu su kaybı ile kuru madde miktarının yüzdesel olarak artmasıdır (Anonim, 2019b).

Çizelge 2.4. Taze ve kuru incirin besin öğeleri (100 g başına)

	Taze İncir	Kuru İncir
Enerji	80 kcal	217 kcal
Protein	1,2 g	4 g
Karbonhidrat	20,3 g	55,3 g
Kolesterol	-	-
Kalsiyum	25 mg	138 mg
Potasyum	194 mg	640 mg
Vitamin B1	0,06 mg	0,07 mg
Vitamin B2	0,05 mg	0,07 mg

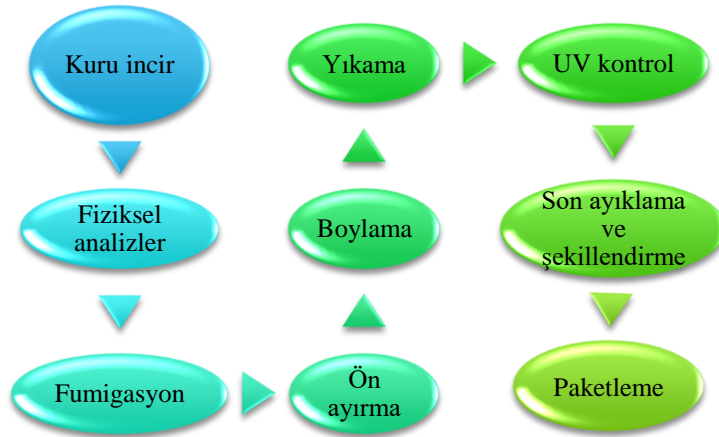
2.3. Kuru İncir Üretimi ve İşlenmesi

Türk Standartları Enstitüsüne ait kuru incir standardında (TS 541); “Kuru incirler bütün ve sağlam olmalı, yabancı tat ve koku içermemeli, yabancı maddelerden arındırılmış olmalı, aşırı kuru olmamalı ve bununla beraber anormal düzeyde nem içermemeli; kuru incirlerde herhangi bir küf belirtisi bulunmamalıdır” ibaresi yer almaktadır (Gençdağ vd., 2019a). Standarda uygun olarak kuru incir üretimi için işletmelerde aşağıdaki adımlar izlenmektedir.

Kurutmalık çeşit olan Sarılop çeşidi incir, ağaçta belirli nem oranına kadar kurduktan sonra (%40 – 50) dalından düşmekte ve genellikle kontrolsüz şartlardan dolayı toprak, hava, su kaynaklı mikrobiyal bulaşmalara maruz kalmaktadır. Toplanan incirler bahçelerde kerevet ile tabir edilen kasalarda son nem içeriğine (%22 – 24) dek kurutulduktan sonra (5 – 7 gün) incir işletmelerine sevk edilmek üzere depolara taşınmaktadır. İncir işletmeleri ise bu kuru incirlere fumigasyon, yıkama, şekil verme gibi çeşitli işlemler uygulamakta ve tüketiciye

ulaştırmaktadırlar (Anonim, 2018a; Gençdağ vd., 2019a). Bölge için ticari değeri çok önemli olan kuru incirin aynı zamanda yukarıda belirtildiği gibi hasat sürecinden kaynaklı mikrobiyal yük sorunu da bulunmaktadır. Buna rağmen Aydın'da sayısı 150'yi aşkın olan incir işletmeleri yalnızca NaCl ile yıkama işlemi gerçekleştirmektedir. Mikrobiyal yükün yüksek olması kuru incir üretiminde önemli bir sorundur ve bu sorun önemli ekonomik kayıpları da beraberinde getirmektedir.

İşletmeye ulaşan kuru incirlere ilk aşamada laboratuvarında nem, aflatoksin ve fiziksel analizler yapılır; daha sonra fumigasyon basamağına geçilir. Kuru incirler, haşere ve zararlı dış etmenlere karşı korunabilmesi için fumigasyona tabi tutulur. Daha sonra ön ayırma işlemi ile ekşi, siyah küf ve çatlak bulunan kuru incirler ayrılır. İncirler, elekten geçirilerek boylama işlemi gerçekleştirilir ve yıkama işlemine (%5 – 7 NaCl çözeltisi) tabi tutulur. Karanlık odada UV ile aflatoksin kontrolü yapıldıktan sonra kurutma işlemi gerçekleştirilir. Son ayıklama ve şekil verme işleminden sonra kuru incirler ambalajlanır (Anonim, 2018b). Kuru incirlerin yıkanmasında kullanılmakta olan NaCl, işletmeler tarafından kuru incir yüzey sanitasyon ajanı olarak görülmektedir (Anonim, 2018c; Gençdağ vd., 2019a). İncir bahçelerinden tüketime hazır hale getirilmek üzere toplanan kuru incirlere tesislerde gerçekleştirilen işleme yöntemi Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3. Kuru incir işleme akış şeması

2.4. Meyve ve Sebzelerde Dekontaminasyon

Günümüzde, taze meyve ve sebzelerin mikrobiyal yükünü azaltmak için klor, klor dioksit, asitleştirilmiş sodyum klorür NaCl, organik asit formülasyonları, alkali

bazlı sanitizerler, hidrojen peroksit, ozonlanmış su, elektrolize su, peroksiasetik asit gibi sanitizerler ile ısıtma işlemi, ultrases, ultraviyole ışınımı, vurgulu elektrik alan, salınımlı manyetik alan ve yüksek basınç gibi yenilikçi yöntemler, kullanılan dekontaminasyon teknikleri arasında yer almaktadır (Okuroğlu vd., 2019).

Kuru incirin hasat öncesi ve sonrası işlem aşamalarında mikrobiyal riskler ortaya çıkmaktadır. Kuru incirde mikrobiyal bulaşma riskinin yüksek olması nedeniyle mikrobiyal yükü azaltmak ya da tamamen ortadan kaldırmak için alternatif yıkama yöntemleri geliştirilmektedir. Son yıllarda geleneksel yıkama işlemi olan NaCl'ye alternatif olarak peroksiasetik asit ve yenilikçi bir teknoloji olarak ön plana çıkan ultrases teknolojisi ile yıkama işlemlerinin mikrobiyal dekontaminasyon etkileri mevcut çalışma kapsamında incelenmiştir.

2.4.1. Ultrases ve Sanitasyon Ajanları ile Yıkama

Meyve ve sebzelerin besin değerlerinin en yüksek oranda korunması nedeniyle işlenmeden taze olarak tüketilmesi en ideal, tercih edilen durum olarak gösterilmektedir. Buna rağmen, etkin bir yıkama ve dekontaminasyon işlemi uygulanmadığında ise potansiyel sağlık tehlikesi oluşturabilecekleri vurgulanmaktadır (Okuroğlu vd., 2019). Literatür bilgileri incelendiğinde, çeşitli gıdalarda dekontaminasyon etki sağlamak için ultrases teknolojisinin kullanıldığı ve bu teknolojinin mikrobiyal yükü azaltmada etkili olduğu kanıtlanmıştır (Birmpa vd., 2013).

Ultrases (sonikasyon), sözlük anlamı itibariyle saniyede 20.000 veya daha fazla titreşim gerçekleştiren ses dalgaları ile oluşan enerji olarak ifade edilmektedir. Genellikle, mevcut ultrases cihazları 20 kHz ila 10 MHz frekans aralığında çalışmaktadır (Ersus ve Turantaş, 2013; Piyasena vd., 2003; Sayın ve Tamer, 2014). Ultrases uygulamaları; ses gücü (W), ses yoğunluğu (W/m^2) ve/veya ses enerji yoğunluğu ($W.s/m^3$) ile karakterize edilmektedir (Dolatowski vd., 2007; Knorr vd., 2004).

Ultrases işleminin biyosidal etkilerinin mekanik etkiler ve akustik kaviteasyon ile üretilen sonokimyasal reaksiyonlardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Gao vd., 2014; Chemat vd., 2017). Düşük basınçlı dalga oluşumu sırasında ultrasonik dalgalar küçük vakum baloncukları meydana getirirler. Bu baloncuklar daha fazla enerji absorblayamayacak hacme ulaştıklarında yüksek basınçlı dalga oluşumu

sonucu eş zamanlı olarak içe doğru patlarlar. Bu olaya kavitasyon adı verilmektedir. Kavitasyon sonucunda oluşan baloncukların sönümlenmesi ile anlık ve lokal olarak 5.000 K sıcaklık ve 1.000 atm'nin üzerinde basınç açığa çıkmaktadır (Chemat ve Khan, 2011). Bu durum, kimyasal reaksiyonların tetiklenmesine neden olmaktadır (Sayın ve Tamer, 2014).

Ayrıca gıdalarda dekontaminasyon etki oluşturabilmek için çeşitli sanitasyon ajanları kullanılmaktadır. Bu sanitizerlerden son zamanlarda en dikkat çeken peroksiasetik asit olmuştur (Ersus Bilek ve Turantaş 2013). Peroksiasetik asitin çevreye, insana ve gıdaya zararlı bir etki oluşturmadığı yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Baldry, 1983; Olmez ve Kretzschmar, 2009).

Peroksiasetik asit, perasetik asit ($\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}$) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) kombinasyonundan oluşan ve genellikle ticari amaçla kullanılan güçlü bir oksidasyon ajanıdır (Bang vd., 2017). Oksidasyon potansiyeli klor bazlı sanitasyon ajanlarından daha yüksektir. Gıda işleme, içecek, tıp, ilaç, tekstil ve kâğıt gibi birçok endüstride bakterisidal, virüsidal, fungusit ve sporisidal etkilerinden dolayı kullanılmaktadır (Kitis, 2004; Bang vd., 2017; Rood vd., 2018). Peroksiasetik asit, hücrede DNA yapısını etkileyen reaktif oksijen türlerini üretebilmesi ve hücre duvarının yapısındaki sülfür ve sülfidril bağlarını oksitleyerek hücre duvarı geçirgenliğini etkilemesi ile dekontaminasyon etki göstermektedir (Rood vd., 2018). Bu amaçla kuru incirde mikrobiyal dekontaminasyonu sağlayan bir diğer yöntem olarak peroksiasetik asit ile yıkama işlemi uygulanmıştır.

Kuru incirlerin yıkanmasında kullanılmakta olan NaCl, işletmeler tarafından kuru incir yüzey sanitasyon ajanı olarak görülmektedir (Anonim, 2018c; Gençdağ vd., 2019a). NaCl dehidrasyon etkisi ile gıdalarda nem içeriğini azaltması, hücrenin ozmotik basıncını artırarak mikroorganizmalar üzerindeki stresi indüklemesi ile mikroorganizmaların ölümüne neden olmaktadır (Kim vd., 2017; Kim vd., 2020).

Meyve ve sebzelerin ultrases ve sanitasyon ajanları ile mikrobiyal dekontaminasyonuna ait bazı literatür çalışmaları Çizelge 2.5'te sunulmuştur. Çizelge 2.5 incelendiğinde, işlem sürelerinin genellikle minimum 10 dk. ve maksimum 60 dk. olduğu ve sıcaklığın da genellikle 20 – 25 °C olduğu görülmüştür. Yapılan kinetik çalışmalarda, toplam 60 dk.'ya kadar yıkama işlemi denenmesine rağmen 30 dk. sonunda dekontaminasyonun yeterince sağlandığı gösterilmiştir (Sagong vd., 2011).

Çizelge 2.5. Çeşitli meyve ve sebzelerin ultrases ve sanitasyon ajanları ile yıkanmasına dair literatür bulguları

Ürün	İşlemler	Hedef mikroorganizma	Mikrobiyal azalma (log KOB g ⁻¹)	Kaynak
Kiraz domates	45 kHz – 10 dk	20 – 200 mg L ⁻¹ sodyum dikloroizosiya nürat	Aerobik mezofilik 0,7 – 4,4	São José ve Vanetti, 2012
		%5 hidrojen peroksit	US – PAA (40 mg L ⁻¹) 3,9	
		10 mg L ⁻¹ klor dioksit	Küf ve maya 1,1 – 3,4	
		40 mg L ⁻¹ peroksiasetik asit (PAA)		
Erik	100W, 40 kHz, 20 °C – 10 dk.	40 mg L ⁻¹ ClO ₂	Mezofilik Psikrofilik Küf ve maya	Chen ve Zhu, 2011
		40 mg L ⁻¹ peroksiasetik asit	3,0 2,9 2,0	
Çilek	37 kHz – 30 W L ⁻¹ 60 dk.	<i>E. coli</i> <i>S. aureus</i> <i>S. enteritidis</i> <i>L. innocua</i>	3,04 ± 0,72 2,41 ± 0,59 5,52 ± 0,13 6,12 ± 0,04	Birmpa vd., 2013
Marul	37 kHz – 30 W L ⁻¹ 60 dk.	<i>E. coli</i> <i>S. aureus</i> <i>S. enteritidis</i> <i>L. innocua</i>	2,30 ± 0,34 1,71 ± 0,20 5,72 ± 0,05 1,88 ± 0,57	
Trüf mantarı	35 kHz, 4 °C – 10 dk. US – %70 etanol	<i>Pseudomonas</i> spp. Enterobacteriaceae Laktik asit bakterisi Küf Maya	>4,0 3,6 3,5 <1,7 <0,5	Rivera vd., 2011
Ispanak yaprağı	200 W L ⁻¹ , 21,2 kHz, 2 dk. US – asitlendirilmiş NaCl (200 mg L ⁻¹)	<i>E. coli</i>	4,0	Zhou vd., 2009
Çilek	350 W L ⁻¹ , 40 kHz, 20 °C, 10 dk.	Mezofilik Küf ve maya	0,6 0,5	Cao vd., 2010
Marul	40 kHz, 5 dk., 500 W, PAA (peroksiasetik asit) 50 mg L ⁻¹	<i>S. typhimurium</i> PAA US + PAA	2,4 3,0	Silveira vd., 2018

Çizelge 2.5. (Devam)

Ürün	İşlemler	Hedef mikroorganizma	Mikrobiyal azalma (log KOB g ⁻¹)	Kaynak
Elma	700 W, 28 kHz, 20dk., ClO ₂ (200 ppm)	US US + ClO ₂	<i>Alicyclobacillus acidoterrestis</i> 0,78 2,35	Cai vd., 2015
Çilek	US 500 W, 40 kHz, 5 dk. SW: Sterilize distile su, AA: Asetik asit, SDBS: Sodyum dodesil benzensülfonat, PAA: Peroksiasetik asit, US: Ultrases	Mezofilik aerobik SW AA SDBS PAA US US + AA US + SDBS US + PAA	0,2 0,3 0,4 1,4 0,8 0,9 1,1 1,8	do Rosário vd., 2017
Erik	600 W, 28 kHz, 10 dk., 14,2 °C	US	<i>E. coli</i> 2,75 <i>B. cereus</i> 3,40 <i>S. typhimurium</i> 0,71	Sarkinas vd., 2018
Marul	200 W, 26 kHz, 5 dk., 40 – 45 °C	US US + %0,018 esansiyel yağ US + %0,022 esansiyel yağ	<i>E. coli</i> 2,33 3,34 3,87	Millan-Sango vd., 2015
Kavun	40 kHz, 500 W, 7 °C, 5 dk., SW: Steril distile su NaOCl:Sodyum hipoklorit (100 mg/L)	Mezofilik aerobik SW NaOCl US US + NaOCl	2,9 2,8 2,7 2,5	Rosario vd., 2018
Salatalık	380 W, 37 kHz, 0-60 dk. Peroksiasetik asit (PAA): 50 – 200 ppm	<i>Cronobacter sakazakii</i> PAA (50 ppm) PAA (200 ppm) US (60 dk.) US (60 dk.) + PAA (200 ppm)	0,89 1,88 0,60 3,51	Bang vd., 2017
Marul	US, 40 kHz, 20 °C, 5dk., 30 W L ⁻¹ , %2 malik asit, laktik asit ve sitrik asit Malik Asit, US + Malik asit; Sitrik Asit, US + Sitrik asit; Laktik Asit, US + Laktik asit	<i>E. coli</i> O157: H7 <i>S. typhimurium</i> <i>L. monocytogenes</i> <i>E. coli</i> O157: H7 <i>S. typhimurium</i> <i>L. monocytogenes</i> <i>E. coli</i> O157: H7 <i>S. typhimurium</i> <i>L. monocytogenes</i>	1.55, 2.52; 1.75, 2.73; 1.76, 2.87; 1.35, 2.43; 1.81, 3.18; 1.46, 2.34; 1.74, 2.75 1.73, 2.71 1.30, 2.50	Sagong vd., 2011

Literatür çalışmalarında, ultrases ile peroksiasetik asit kombinasyonunun klor yerine kullanılabileceğinden bahsedilmiştir (São José ve Vanetti, 2012). Kiraz domatesin yüzeyine 48 saatlik inokülasyon uygulanmasının ardından 45 kHz ultrases ve peroksiasetik asit (40 mg L^{-1}) kombinasyonu kullanılarak yıkandığında *S. typhimurium* ATCC 14028 popülasyonu $3,9 \text{ log KOB g}^{-1}$ azalmıştır (São José ve Vanetti, 2012).

Salatalık üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada 200 ppm peroksiasetik asit kullanımının, daha düşük konsantrasyonlarda kullanımına kıyasla *C. sakazakii* mikrobiyal inaktivasyonunda daha etkili olduğu rapor edilmiştir (Bang vd., 2017). Yıkama işleminde kimyasal ajanlara alternatif olarak kekik esansiyel yağının kullanımının ele alındığı bir çalışmada Millan-Sango vd. (2015), marulların yıkanmasında artan kekik esansiyel yağı konsantrasyonunun ultrasesin tekli kullanımına kıyasla *E. coli* dekontaminasyonunda daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

İnokülasyon işlemi uygulanmış çilek ve marul örneklerinde dekontaminasyonu sağlamak için yapılan bir çalışmada, ultrases (37 kHz , 30 W L^{-1} , 60 dk.) yıkama işlemi uygulanmıştır. Çilekte yapılan yıkama işlemleri sonucunda mikrobiyal düşüşler *E. coli* için, $3,04 \pm 0,72$; *Staphylococcus aureus* için, $5,52 \pm 0,13$; *Salmonella enteritidis* için, $2,30 \pm 0,34$; *Listeria innocua* için ise $5,72 \pm 0,05 \text{ log KOB g}^{-1}$ olarak kaydedilmiştir. Marulda yapılan yıkama işlemleri sonucunda ise *E. coli* için, $2,41 \pm 0,59$; *S. aureus* için, $6,12 \pm 0,04$; *S. enteritidis* için, $1,71 \pm 0,20$; *L. innocua* için ise $1,88 \pm 0,57 \text{ log KOB g}^{-1}$ olarak bulgulanmıştır (Birmipa vd., 2013).

Ultrases ve sanitasyon ajanları ile yıkama ile ilgili yapılan başka bir çalışmada ise ıspanak yaprağına *E. coli* ile inokülasyon işlemi uygulanmıştır. Ultrases ($21,2 \text{ kHz}$, 200 W L^{-1}) ile kombine asitlendirilmiş NaCl (200 mg L^{-1}) yıkama işleminin (2 dk.) sonucunda *E. coli* yükündeki mikrobiyal azalma $4,0 \text{ log KOB g}^{-1}$ olarak kaydedilmiştir (Zhou vd., 2009). Çilekteki mikrobiyal yükü azaltmak için ultrases ($350 \text{ W L}^{-1}/40 \text{ kHz}$, $20 \text{ }^\circ\text{C}$, 10 dk.) yıkama işlemi uygulanan bir çalışmada, yıkama işlemi sonucunda mezofilik yükünde $0,6 \text{ log KOB g}^{-1}$ ve küf – maya yüklerinde düşüş $0,5 \text{ log KOB g}^{-1}$ olarak kaydedilmiştir (Cao vd., 2010).

do Rosário vd. (2017) asetik asit, sodyum dodesil benzensülfonat ve peroksiasetik asit ile çilekte yıkama işlemleri gerçekleştirmiş, bu kimyasalların ultrases ile kombine kullanılması sonucu mikrobiyal yükte önemli oranda azalmalar

sağlamışlardır. Yapılan başka bir çalışmada, marulu organik asitlerle ultrases yıkama işlemi ile malik asit en çok *Listeria monocytogenes*'i, sitrik asit *Salmonella typhimurium*'u, laktik asit ise *Escherichia coli* O157: H7 mikroflorasını önemli ölçüde azaltmıştır (Sagong vd., 2011).

Millan-Sango vd. (2015) ultrases (200 W/26 kHz, 40 – 45 °C) ve ultrases ile kombine esansiyel yağ kullanımı ile *E. coli* dekontaminasyonu için marulda yıkama işlemleri gerçekleştirmiştir. Ultrases ile yapılan yıkama işleminde 2,33 log KOB g⁻¹; ultrases ile kombine esansiyel yağ kullanımında ise %0,018 esansiyel yağ ile 3,34 log KOB g⁻¹ ve %0,022 esansiyel yağ ile ise 3,87 log KOB g⁻¹ mikrobiyal düşüş rapor edilmiştir. Marula inoküle edilen *S. typhimurium* dekontaminasyonu için yapılan bir çalışmada ise yıkama işlemleri sonucunda peroksiasetik asit (50 mg L⁻¹) ile 2,4 log KOB g⁻¹; ultrases (40 kHz, 500 W) ile kombine peroksiasetik asit ile ise 3,0 log KOB g⁻¹ mikrobiyal düşüş kaydedilmiştir (Silveria vd., 2018).

Cai vd. (2015) ultrases (700 W/28 kHz) ve ultrases ile kombine ClO₂ (200 ppm) ile elmada yıkama işlemleri gerçekleştirmiş, ClO₂'nin ultrases ile kombine kullanılması sonucu *A. acidoterrestris* mikrobiyal yükünde önemli oranda azalmalar sağlamışlardır. Ultrases (600 W/28 kHz, 10 dk., 14,2 °C) ile yıkama işlemi yapılan erikteki mikrobiyal düşüşler, *E. coli* için 2,75; *B. cereus* için 3,40 ve *S. typhimurium* için ise 0,71 log KOB g⁻¹ olarak kaydedilmiştir (Sarkinas vd., 2018).

Ülkemiz için önemli bir ihracat ürünü olan kuru incirin kalitesinde ve ekonomik değerinde kayıplara neden olan mikrobiyal sorunlar her geçen yıl önem kazanmaktadır. Tez kapsamında, kuru incir üretimi prosesi de dikkate alınarak hasat öncesi veya sonrasında meydana gelebilecek mikrobiyal kontaminasyonu azaltmak amacıyla kuru incirde ultrases ve yıkama ajanları (peroksiasetik asit ve sodyum klorür) ile tekli ve kombine yıkama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yıkama işlemi için kullanılan sanitasyon ajanlarının belirlenmesinde literatür çalışmaları dikkate alınmış ve bu sebeple çevreye, insana ve gıdaya zararlı bir etki bırakmayan sanitasyon ajanları seçilmiştir. Literatür çalışmalarında ultrases ve sanitasyon ajanları ile yıkama işleminin gıda dekontaminasyonunda etkili olduğu görülmüştür.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Hammadde Temini ve Ön İşlemler

Sarılop çeşidi kuru incirler (*Ficus carica* L.) Aydın iline bağlı Germencik ilçesinde faaliyet gösteren Seyrek Tarım Ürünleri San. ve Tic. Ltd. Şti.'nden temin edilmiştir. Kuru incirler Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarında, 4 °C'de %60 bağıl nemde işlemler gerçekleştirilene kadar bekletilmiştir. İnokülasyon işlemlerinin hemen öncesinde kuru incirler %70'lik etanol çözeltisi ile 1 dk. boyunca yüzey dezenfeksiyonuna tabi tutulmuştur (Tango vd., 2017). Yüzey dezenfeksiyonu sonrasında kuru incirlerde *Escherichia coli* NRRL B-59838, *Bacillus cereus* CCM 99 ve *Penicillium expansum* NRRL 35695 ile inokülasyon basamağına geçilmiştir.

3.2. Çalışmada Kullanılan Kimyasallar

Çalışmada sarf malzemesi ve kimyasal olarak peroksiasetik asit (LaMotte, ABD), gama steril kilitli numune poşetleri (DiaTek, İstanbul), sodyum hidroksit (Tekkim Kimya-100418163001), hidroklorik asit (Merck – 1.00317.2501), etanol (Tekkim Kimya – 020118185001), Folin-Ciocalteu ayracı (Merck – 1.09001.0500), sodyum karbonat (Merck – 1.06392.1000), 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) (Aldrich – D9132-1G), 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) (ABTS) (Roche Diagnostics – 10102946001), potasyum persülfat (Merck – 1.05091.1000), monobazik sodyum fosfat (Sigma-Aldrich – S0751-100G), dibazik sodyum fosfat (Sigma-Aldrich – 04272-1KG), sodyum klorür (Merck – 1.06404.1000) ve HPLC saflıkta su (Sigma-Aldrich – 102024527) kullanılmıştır.

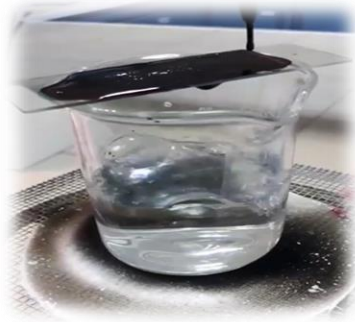
3.3. Yöntem

Tez kapsamında, kuru incir üretimi prosesi de dikkate alınarak hasat öncesi veya sonrasında meydana gelebilecek mikrobiyal kontaminasyonu azaltmak amacıyla kuru incirde ultrases ve yıkama ajanları (peroksiasetik asit ve sodyum klorür) ile tekli ve kombine yıkama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yıkama işlemlerinin mikrobiyal dekontaminasyon etkisinin belirlenmesi amacıyla her bir yıkama işlemi öncesinde kuru incirlere *Escherichia coli* NRRL B-59838, *Bacillus cereus* CCM 99 ve *Penicillium expansum* NRRL 35695 ile inokülasyon işlemi uygulanmıştır. İnoküle edilen incirler ultrases (35 kHz; 100, 350 ve 600 W), PAA çözeltileri (40,

120 ve 200 ppm) ve NaCl çözeltileri (%4, 8 ve 12) ile tekli ve kombinasyonlar halinde yıkama işlemine tabi tutulmuştur. RSM kullanılarak her bir yıkama işlemi sonunda mikrobiyal azalma miktarları (\log KOB g^{-1}) göz önünde bulundurularak işlem parametrelerinin etkileri incelenmiş ve optimum koşullar belirlenmiştir. Optimum işlem koşullarında fiziksel ve kimyasal analizler ise inokülasyon yapılmamış kuru incir örneklerinde yıkama işlemleri ve kurutma sonrasında gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, kuru incirlerde su aktivitesi, toplam kuru madde, pH, toplam asitlik, renk değerleri, tekstür özellikleri, karbonhidrat kompozisyonu, toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite (DPPH ve ABTS) değerleri belirlenmiştir.

3.4. Bakteri Kültürlerinin Temini, Geliştirilmesi ve İnokülasyon İşlemleri

Tez kapsamında kullanılan stok kültürlerden, *E. coli* (NRRL B- 59838) “ARS Culture Collection (NRRL)”, *B. cereus* (99 CCM-2017) “Czech collection of microorganisms (CCM)”, *P. expansum* (NRRL 35695, MAM/MRC 501104) ise “TÜBİTAK – Marmara Araştırma Merkezi (MAM) kültür koleksiyonundan temin edilmiştir.



Şekil 3.1. *B. cereus* sporlarının 14 günlük gelişiminden sonra spor boyama aşaması

Stok kültür hazırlanma aşamasında ilk olarak *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* stok kültürleri sırasıyla tryptic soy broth (TSB), brain heart infusion (BHI) ve potato dextrose agar (PDA) üzerine inoküle edilmiştir. Stok kültürler inokülasyon sonrasında *E. coli* için 37 °C'de 17 – 24 saat, *B. cereus* için 20 °C'de 10 – 14 gün (Şekil 3.1) ve *P. expansum* için 25 °C'de 10 – 14 gün inkübasyona bırakılmıştır. *P. expansum* için stok kültür geliştirme aşamasına ait görsel Şekil 3.2'de sunulmuştur. İnkübasyon sonrasında *E. coli* ve *B. cereus* pelletleri, tamponlu pepton suyunda

(BPW); *P. expansum* Tween 80'de yeniden süspansiyon edilmiştir. Mikroorganizma süspansiyonları, kuru incirlere inoküle edilmeden önce bir densitometre (Biosan Den-1B, Letonya) kullanılarak mikrobiyal yükleri $10^8 - 10^9$ KOB mL⁻¹'ye ayarlanmıştır (Yang vd., 2011; Birmipa vd., 2013; Kang vd., 2017). Densitometrede okunan değerlerin sağlanması yayma plaka yöntemiyle her defasında doğrulanmıştır. Stok hazırlama aşamasında ayrıca *P. expansum* stok kültürlerinin Thoma lamı kullanarak mikroskop altında sayımı gerçekleştirilerek densitometrede okunan değer ile kıyaslama yapılmıştır.



Şekil 3.2. *P. expansum* için stok kültür hazırlama aşaması

İnokülasyon işlemleri öncesinde kuru incirler %70 etil alkol çözeltisinde 1 dk. boyunca bekletilerek yüzey dezenfeksiyonu uygulanmıştır. Bu işlemden 20 dk. sonra $10^8 - 10^9$ KOB mL⁻¹'ye ayarlanmış olan *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* ile her bir incirin dış yüzeyine 1 mL olacak şekilde ($10 \times 100 \mu\text{L}$) spot inokülasyon işlemi laminar akım biyogüvenlik kabininde gerçekleştirilmiştir (Mahmoud, 2010) (Şekil 3.3). Spot inokülasyon sonrasında mikroorganizmaların kuru incir dış yüzeyine tutunmasını sağlamak için inoküle edilen kuru incirler 60 dk. boyunca laminar akım biyogüvenlik kabininde bekletilmiştir.



Şekil 3.3. Kuru incirlerde inokülasyon sonrası bekleme aşaması

3.5. Yıkama İşlemleri

Bu aşamada inoküle edilmiş kuru incirlere ultrases (100, 350 ve 600 W), PAA (40, 120 ve 200 ppm) ve NaCl (%4, 8 ve 12) ile tekli ve kombine yıkama işlemleri uygulanmış ve bu işlemlerin kuru incirdeki mikrobiyal dekontaminasyon etkinlikleri incelenmiştir. Her bir yıkama uygulamasında işlem sıcaklığı ve süresi 25 °C ve 30 dk. olarak sabit tutulmuştur. Kuru incirin tekli ve kombine yıkama işlemlerine ait akış şeması Şekil 3.4'te sunulmuştur.

Tekli Yıkama	İkili Kombine Yıkama	Üçlü Kombine Yıkama
<ul style="list-style-type: none"> • Ultrases (US) • Peroksiasetik Asit (PAA) • Sodyum Klorür (NaCl) 	<ul style="list-style-type: none"> • US – PAA • US – NaCl • PAA – NaCl 	<ul style="list-style-type: none"> • US – PAA – NaCl

Şekil 3.4. Kuru incirlere uygulanan tekli ve kombine yıkama işlemleri

3.5.1. Tekli Yıkama İşlemleri (Ultrases, Peroksiasetik asit ve Sodyum Klorür)

E. coli, *B. cereus* ve *P. expansum* ile inoküle edilmiş kuru incirlerde mikrobiyal azalmanın belirlenmesinde ilk aşama olan ultrases (100, 350 ve 600 W), PAA (40, 120 ve 200 ppm) ve NaCl (%4, 8 ve 12) ile tekli yıkama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bütün yıkama işlemleri 38,5 L toplam iç hacme sahip olan ultrasonik yıkama ekipmanında (Ermaksan, ULT 50 – S, Türkiye) 25 °C'de 30 dk. olarak gerçekleştirilmiştir. Yıkama işlemlerinde inoküle edilmiş kuru incirlerin yıkama suyuna oranı 1:10 (*ağırlık:hacim*) olmuştur. Ultrases yıkama işleminde 35 kHz sabit frekansta; 100, 350 ve 600 W olmak üzere üç farklı güçte ayrı ayrı çalışılmıştır ve yıkama suyu olarak steril distile su kullanılmıştır. PAA ve NaCl ile yıkama işlemlerinde ise her biri için üç farklı konsantrasyonda hazırlanan çözeltiler yıkama suyu olarak kullanılmıştır. Şekil 3.5'te tez çalışmasında kullanılan ultrases yıkama cihazına ait görsel sunulmuştur.

Tez çalışmasında kullanılan ultrases cihazının sahip olduğu teknik özellikler maddeler halinde aşağıda verilmektedir:

- Ultrases cihazının toplam iç hacmi 38,5 L'dir.
- Ultrases, 35 kHz frekansta ve değişen güçlerde (72 – 840 W) uygulanabilmektedir.

- Ultrases gücüne bağlı olarak sıcaklık artışının önlenmesi amacıyla fan sistemi bulunmaktadır. Bu sayede sıcaklık kontrolü de sağlanmaktadır.



Şekil 3.5. Ultrases yıkama cihazı

3.5.2. Yıkama İşlemlerinin İkili Kombinasyonları

Kuru incirde mikrobiyal dekontaminasyon için uygulanan ultrases (100, 350 ve 600 W); PAA (40, 120 ve 200 ppm) ve NaCl (%4, 8 ve 12) ile tekli yıkama işlemleri sonrasında bu işlemlerin kombine etkileri yanıt yüzey metodu (RSM) kullanılarak incelenmiştir. Yıkama işlemleri tekli yıkama aşamasında (Başlık 3.5.1) olduğu gibi ultrasonik yıkama cihazında 25 °C’de, 30 dk. ve incirin yıkama suyuna oranı 1:10 (*ağırlık:hacim*) olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.5.2.1. Ultrases ve Peroksiasetik Asit ile Yıkama

Mikrobiyal dekontaminasyon üzerine ultrases (100 – 600 W) ve PAA (40 – 200 ppm) ile kombine yıkama işlemlerinin etkileri RSM kullanılarak merkezi tümleşik tasarım (CCD) ile belirlenmiştir. Yıkama işlemlerinde kullanılan bağımsız değişkenler ile kodlanmış seviyeleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Ultrases ve peroksiasetik asit ile yıkama aşamasına ait yanıt yüzey yöntemi için kodlanmış seviyeler

Bağımsız değişkenler	Birim	-1	+1	- alfa	+ alfa
Ultrases gücü	W	173	527	100	600
PAA konsantrasyonu	ppm	63	177	40	200

3.5.2.2. Ultrases ve Sodyum Klorür ile Yıkama

Ultrases (100 – 600 W) ve NaCl (%4 – 12) ile kombine yıkama işlemlerinin mikrobiyal dekontaminasyon etkileri RSM kullanılarak CCD ile belirlenmiştir. Yıkama işlemlerinde kullanılan bağımsız değişkenler ile kodlanmış seviyeleri Çizelge 3.2’de sunulmuştur.

Çizelge 3.2. Ultrases ve sodyum klorür (NaCl) ile yıkama aşamasına ait yanıt yüzey yöntemi için kodlanmış seviyeler

Bağımsız değişkenler	Birim	-1	+1	- alfa	+ alfa
Ultrases gücü	W	173	527	100	600
NaCl konsantrasyonu	%	5,2	10,8	4,0	12,0

3.5.2.3. Peroksiasetik Asit ve Sodyum Klorür ile Yıkama

PAA (40 – 120 ppm) ve NaCl (%4 – 12) ile kombine yıkama işlemlerinin mikrobiyal dekontaminasyon etkileri RSM kullanılarak CCD ile belirlenmiştir. Yıkama işlemlerinde kullanılan bağımsız değişkenler ile kodlanmış seviyeleri Çizelge 3.3’de sunulmuştur. Bu deneme planında PAA konsantrasyonu önceki denemeye kıyasla 40 – 120 ppm aralığı olarak revize edilmiştir (Ön deneme ile seviye belirleme çalışması sonucunda ve asıl deneme sonuçlarında istatistikî çıktılar dikkate alınarak).

Çizelge 3.3. Peroksiasetik asit ve sodyum klorür (NaCl) ile kuru incirde yapılan yıkama aşamasına ait yanıt yüzey yöntemi için kodlanmış seviyeler

Bağımsız değişkenler	Birim	-1	+1	- alfa	+ alfa
PAA konsantrasyonu	ppm	52	108	40	120
NaCl konsantrasyonu	%	5,2	10,8	4	12

3.5.3. Ultrases, Peroksiasetik asit ve Sodyum Klorür ile Üçlü Kombine Yıkama İşlemleri

Tez kapsamında ultrases (100 – 600 W), PAA (40 – 120 ppm) ve NaCl (%4 – 12) ile üçlü kombine yıkama işlemlerinin etkisi RSM ile incelenmiştir. Yıkama işlemlerinde kullanılan bağımsız değişkenler ile kodlanmış seviyeleri Çizelge 3.4’te sunulmuştur. Bu deneme planında da PAA konsantrasyonu Başlık 3.5.2.3 dikkate alınarak revize edilmiş ve önceki denemeye (Başlık 3.5.2.1) kıyasla 40 – 120 ppm

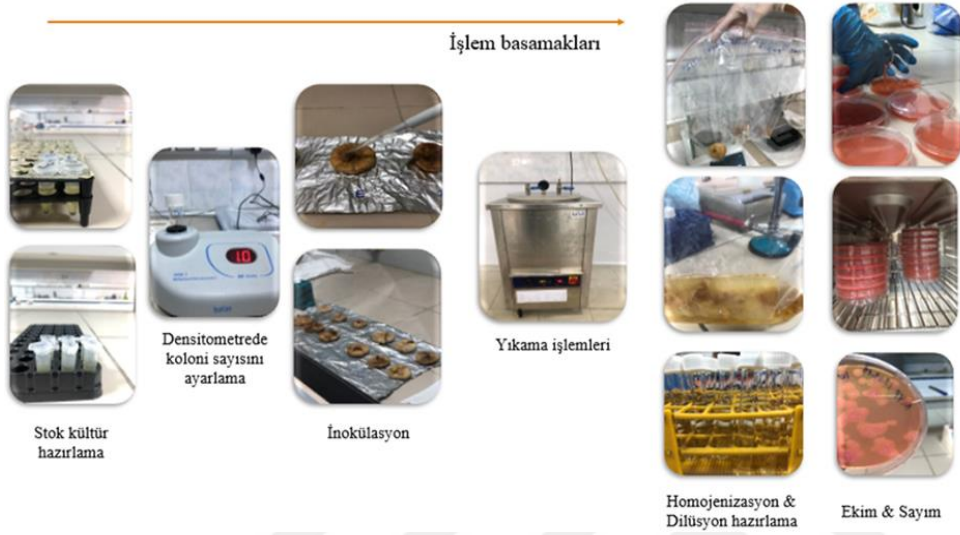
aralığı olarak revize edilmiştir (Ön deneme ile seviye belirleme çalışması sonucunda ve asıl deneme sonuçlarında istatistikî çıktılar dikkate alınarak).

Çizelge 3.4. Ultrases, peroksiasetik asit ve sodyum klorür (NaCl) ile yıkama aşamasına ait yanıt yüzey yöntemi için kodlanmış seviyeler

Bağımsız değişkenler	Birim	-1	+1	- alfa	+ alfa
Ultrases gücü	W	201	499	100	600
PAA konsantrasyonu	ppm	56	104	40	120
NaCl konsantrasyonu	%	5,6	10,4	4	12

3.6. Mikrobiyolojik Analizler

Yıkama işlemleri sonrasında kuru incirde mikrobiyal düşüşlerin belirlenmesi amacıyla mikrobiyolojik analizler uygulanmıştır. Yıkama işlemlerinin ardından kuru incirler steril torbaya alınarak homojenizasyon basamağına geçilmiştir. Homojenizasyon aşamasında *E. coli* ve *B. cereus* için %0,1 (ağırlık:hacim) tamponlu peptonlu su, *P. expansum* için ise %0,1 (hacim:hacim) Tween 80 çözeltisi kullanılarak 1:10 (ağırlık:hacim) oranında seyreltme yapılmıştır. Homojenizasyon işlemi öncesinde *B. cereus*'un vejetatif formlarının inaktivasyonu için 10 dk. boyunca 90 °C'de bir su banyosunda ısı şoku uygulanmış ve hemen sonrasında buz torbaları kullanılarak 25 ± 2 °C'ye soğutulmuştur. Bu aşamalardan sonra parçalama/homjenizasyon işlemi uygulanmış ve mikrobiyolojik analizler için seri dilüsyonlar hazırlanmıştır. *E. coli* için Violet Red Bile (VRB) agar, *B. cereus* için Mannitol egg yolk polymixine (MYP) agar ve *P. expansum* için dichloron rose bengal chloramphenicol (DRBC) agar içeren steril petrilere her bir dilüsyondan 100 µL alınarak plaka yayma yöntemi ile ekimler yapılmıştır. İnkübasyonlar *E. coli* için 37 °C'de 24 saat, *B. cereus* için 30 °C'de 48 saat ve *P. expansum* için ise 27 °C'de 120 saat (5 gün) olmuştur. İnkübasyonlar sonrasında 30 – 300 KOB mL⁻¹ aralığında koloni sayısına sahip örnekler dikkate alınarak sayımlar yapılmıştır. Kuru incirlerde mikrobiyal düşüşlerin belirlenmesinde inoküle edilmiş ve ardından yıkanmış kuru incirin mikrobiyal yükü ile kontrol numunesinin (sadece inokülasyon uygulanmış) mikrobiyal yükü arasındaki fark hesaplanarak “gram kuru incir başına log KOB” cinsinden ifade edilmiştir (Kim vd., 2005; Yang vd., 2011; Sagong vd., 2013; Tannous vd., 2016; Kang vd., 2017). Tez kapsamında mikrobiyolojik işlem basamaklarına ait görseller Şekil 3.6'da sunulmuştur.



Şekil 3.6. Mikrobiyolojik işlemlere ait görseller

3.7. Yıkama İşlemlerinin Kuru İncirin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Etkileri

Kuru incirlerde tekli ve kombine yıkama işlemlerinin mikrobiyal azalma miktarı üzerine etkileri incelenmiş ve en yüksek dekontaminasyon etkisinin sağlandığı yedi farklı optimum yıkama işlem koşulu belirlenmiştir. Belirlenen optimum noktalarda yıkanan, inokülasyon uygulanmamış kuru incirlerde fiziksel ve kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler öncesinde, ilk olarak uygulanan yıkama işlemlerinin kuru incirin nem içeriğine olan etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda yıkama öncesi ve sonrasında kuru incirde kuru madde analizi gerçekleştirilmiştir. Yıkama öncesinde kuru madde içeriği ortalama %79 olan kuru incir örneklerinin yıkama işlemleri sonrasında nem miktarında yaklaşık %10'a varan artışlar olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle her bir yıkama işlemi sonrasında kuru incirler fanlı tepsili kurutucuda (Eksis Endüstriyel Kurutma Sistemleri, TK – 10, Türkiye) 65 °C sıcaklıkta, 1,5 m s⁻¹ hava akış hızında, <%10 bağıl nemde kurutulmuştur. Kurutma sırasında kuru incir örneklerinin ~%21 nem içeriğine kadar kurutulmasını takip etmek amacıyla her 10 dk.'da bir tartımlar alınmış, kurutma kinetiği (MR; nem oranı) dikkate alınarak işlem gerçekleştirilmiştir. Kurutma süresi 180 dk. olacak şekilde hedef nem içeriği olan ~%21'e ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. Yıkama ve kurutma işlemlerinin ardından kuru incirlere fiziksel ve kimyasal analizler uygulanmıştır.

3.8. Fiziksel ve Kimyasal Analizler

3.8.1. Toplam Kuru Madde İçeriği

Toplam kuru madde miktarı analizinde ilk aşama olarak kullanılacak tartım kapları sabit tartıma getirilmiştir. Bunun için tartım kapları etüvde (Lab. Companion ON-11E, Güney Kore) 105 °C’de iki saat süre boyunca tutulmuş, ardından desikatöre alınarak soğutulmuştur. Soğutulan tartım kaplarının darası alınarak her birine önceden havanda ezilmiş kuru incirlerden 3,5±0,01 g eklenmiştir. Sonrasında etüve alınan örnekler 105 °C’de sabit tartıma ulaşana kadar bekletilmiş, daha sonra desikatörde soğutularak son tartım aşamasına geçilmiştir (Şekil 3.7). Tartım sonuçları kullanılarak kuru incir için toplam kuru madde miktarı %KM cinsinden aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (AOAC, 1998).

$$\%KM = [(m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)] \times 100 \quad (1)$$

m_0 : Tartım kabı darası (g)

m_1 : Kurutma öncesi tartım kabı darası + örnek ağırlığı (g)

m_2 : Kurutma sonrası tartım kabı darası + örnek ağırlığı (g)



Şekil 3.7. Toplam kuru madde analizi sonrası sabit tartıma ulaşılmış kuru incirler

3.8.2. Su Aktivitesi Değeri

Kuru incirlerin su aktivitesi değeri, su aktivitesi cihazı (Testo 645 – AG, Almanya) ile belirlenmiştir. Her bir yıkama ve kurutma işleminin ardından kuru incirler bir bıçak yardımıyla ince parçalar halinde kesilmiştir. Parçalanan kuru incirlerden 5 g

tartılarak su aktivitesi ölçüm aparatına yerleştirilmiş ve 10 dk. sonra cihazda okunan değer kaydedilmiştir.

3.8.3. pH Değeri

Havanda ezilmiş olan kuru incirlerden 12,5 g alınıp, 25 mL saf su ilave edilerek ultra-turaksta (IKA T18, Almanya) 6.000 rpm'de 1 dk. boyunca parçalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından püre kıvamına gelen örnekten 10 g alınıp balon jodede 100 mL'ye saf su ile seyreltilmiştir. Balon jodedeki karışım kaba filtre kâğıdı ile süzölmüş ve süzöntünün pH değeri, pH metre (İnolab 7110, WTW, Almanya) kullanılarak ölçölmüştür (AOAC, 1998).

3.8.4. Toplam Asitlik Değeri

Toplam asitliğin belirlenmesinde pH analizi için hazırlanan kuru incir örnekleri kullanılmıştır. Erlenmayere alınan 50 mL homojen örnek üzerine iki damla fenolftaleyn indikatörü damlatılmış ve ardından ayarlanmış 0,1 N NaOH (Gerçek normalite: 0,09529 N) ile çözeltinin rengi açık pembe oluncaya kadar titre edilmiştir (Şekil 3.8). Titrasyonda harcanan NaOH miktarı, NaOH'un mili eşdeğer sitrik asit değeri (0,1 N NaOH'un 1 mL'si için 0,064 g) ve seyreltme faktörü esas alınarak toplam asitlik eşdeğer sitrik asit cinsinden "%" olarak verilmiştir (Konak vd., 2015).

$$\text{Titrasyon Asitliği, \%} = \frac{V \times N \times E \times SF}{M} \times 100 \quad (2)$$

V: Harcanan NaOH miktarı, mL

N: Çözeltide kullanılan NaOH normalitesi

E: 1 mL 0,1 N NaOH'in eşdeğer sitrik asit miktarı, g

M: Örnek miktarı, mL veya g

SF: Seyreltme faktörü



Şekil 3.8. Titre edilen kuru incir çözeltisi

3.8.5. Sertlik ve Yapışkanlık Değerleri

Kuru incir numunelerinin sertlik ve yapışkanlık değerleri TA-XTplus tekstür analiz cihazı (Stable Micro Systems Ltd, Surrey, İngiltere) kullanılarak iğne uçlu prob (P2) ile ölçülmüştür (Şekil 3.9). Tekstür analizinde yükseklik 20 mm ve geri dönüş süresi 10 sn. olarak belirlenmiştir. Kuru incir numunelerinde 10 farklı noktadan olacak şekilde tekstür ölçümleri alınmış ve bu sonuçların ortalama değerleri hesaplanmıştır. Analizde 2 mm çapında bir silindirik prob (P2) ile sıkıştırma kuvveti uygulanmış ve ölçümler sonunda oluşan kuvvet – zaman grafiğinde maksimum pikin oluştuğu nokta “sertlik değeri” olurken; grafiğin X ekseninin altında kalan pikin oluştuğu nokta ise “yapışkanlık değeri” olarak kaydedilmiş ve her iki değer Newton (N) cinsinden ifade edilmiştir (Yılmaz vd., 2019).



Şekil 3.9. İğne uçlu prob ile kuru incirde tekstür analizi

3.8.6. Renk Analizi

Her bir yıkama ve kurutma işleminin öncesinde ve sonrasında kuru incirlerin yüzey renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) belirlenmesi amacıyla renk ölçer cihaz (Techkon GmbH, D-61462, Almanya) kullanılmıştır (Şekil 3.10). Kuru incir numunelerinde 10 farklı ölçüm alınmış ve bu sonuçların ortalama değerleri verilmiştir. Elde edilen L^* , a^* ve b^* değerleri kullanılarak C° (kroma), Hue (renk açısı değeri) ve ΔE (toplam renk farkı) değerleri aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır (Imirzalioglu vd., 2010; Şen ve Kuruçaylı, 2017; Yılmaz vd., 2019).

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (3)$$

$$Hue = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (4)$$

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (5)$$



Şekil 3.10. Kuru incirde renk ölçümü

3.8.7. Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Kapasite Analizleri için Ekstraksiyon İşlemi

Ekstraksiyon işlemi Serra vd. (2010)'nin önerdiği yönteme göre bazı modifikasyonlarla gerçekleştirilmiştir. Kuru incir numuneleri 1:10 (*ağırlık:hacim*) oranında ekstraksiyon çözeltisi (%50 etanol; %0,1 HCl içeren) ile homojenize edilmiştir. Örnekler homojenizasyon işlemi sonrasında çalkalamalı su banyosunda (Lab. Companion BW – 20G, Güney Kore) 50 °C'de 120 dk. boyunca ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 3.11). İşlem sonrasında kaba filtreden geçirilerek beherde toplanan çözeltiler 50 mL'lik falkon tüplerine aktarılarak 6.000 rpm'de 10 dk. santrifüj (Centurion Scientific K241, Birleşik Krallık) edilmiştir. Son olarak üst

faz farklı bir falkon tüpe aktarılmış ve elde edilen örnekler analizler gerçekleştirilene kadar $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.11. Ekstraksiyon işlemi

3.8.8. Toplam Fenolik Madde

Toplam fenolik madde miktarı analizi, Singleton ve Rossi (1965)'nin yöntemi göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. İlk olarak 2,37 mL saf su eklenen tüplere 30 μL elde edilen ekstraktlardan aktarılıp 150 μL Folin – Ciocalteu reaktifi eklenmiş ve karışım 8 dk. boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra 450 μL doygun sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi eklenmiş ve vorteks (Jeio Tech, VM – 96B, Kore) ile karıştırılması sağlanmıştır. Etüve (Nüve ES – 120, Ankara) alınan örnekler $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 30 dk. süre boyunca bekletilmiştir. Son olarak örneklerin UV-VIS spektrofotometrede (Shimadzu V- 1800, Japonya) 750 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur. Elde edilen absorbans değerleri ve gallik asit standart eğrisi kullanılarak sonuçlar “mg gallik asit eşdeğeri (GAE) 100 g^{-1} örnek” cinsinden hesaplanmıştır. Toplam fenolik madde miktarı analizi için oluşturulan kalibrasyon eğrisi Ek 1’de verilmiştir.

3.8.9. DPPH Yöntemi ile Antioksidan Kapasite Analizi

DPPH yöntemi ile antioksidan kapasite analizi Blois (1958)'e göre bazı modifikasyonlar ile gerçekleştirilmiştir. DPPH çözeltisinin (0,1 mM) hazırlanmasında 0,0197 g DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) tartılarak ışık görmeyen (alüminyum folyo ile kapatılmış) bir cam şişe içerisinde 500 mL etanol

ile çözüldürülmüştür. Karışım en az 30 dk. çalkalanmış ve analizler gerçekleştirilene kadar buzdolabında +4 °C’de saklanmıştır. Kuru incir ekstraktlarından 0,1 mL alınarak 2,9 mL 0,1 mM DPPH çözeltisi ile karıştırılmış ve karanlıkta 30 dk. bekletilmiştir. Aynı işlemler troloks standartının farklı konsantrasyonları (50 – 500 ppm) için de gerçekleştirilerek troloks standart eğrisi oluşturulmuştur. Örneğin absorbansı spektrofotometrede 517 nm’de etanole karşı okunmuştur. Sonuçlar troloks standardı ile oluşturulmuş kalibrasyon eğrisi (Ek 2) ile $\mu\text{mol TE } 100 \text{ g}^{-1}$ kuru incir cinsinden ifade edilmiştir.

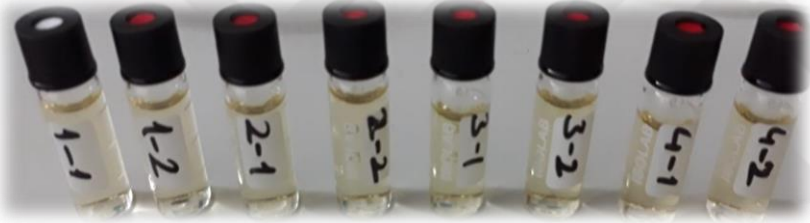
3.8.10. ABTS Yöntemi ile Antioksidan Kapasite Analizi

ABTS yöntemi ile antioksidan kapasite tayini, Cemeroglu (2010)’na göre, bazı modifikasyonlar ile yapılmıştır. ABTS radikalinin hazırlanması için ilk olarak 0,0384 g ABTS (2,2-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) tartılıp bir miktar saf suda çözüldürülerek 10 mL’lik bir balon jöjeye aktarılmıştır. Ayrıca hazırlanan 12,25 mM potasyum persülfat çözeltisinden 2 mL alınarak 10 mL’lik balon jöjeye ilave edilmiştir. Ardından balon jöje, saf su ile hacmine (10 mL) tamamlanmıştır. Elde edilen karışım 25 °C’de ve karanlıkta 12 – 16 saat bekletilmiş ve böylelikle, 2,45 mM potasyum persülfat içeren 7 mM ABTS radikal çözeltisi elde edilmiştir. PBS (fosfat tamponlu tuz çözeltisi; pH 7,4) çözeltisinin hazırlanması için ise 19 mL 0,2 M monobazik sodyum fosfat çözeltisi ile 81 mL 0,2 M dibazik sodyum fosfat çözeltileri karıştırılmıştır. Ardından bu karışıma 8,77 g NaCl eklenip, 1 L’lik balon jöje içerisinde saf su ile hacmine tamamlanmıştır. Analiz için öncelikle ABTS radikal çözeltisi, PBS çözeltisi ile spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda absorbans değeri $0,700 \pm 0,02$ olana dek seyreltilmiştir. Seyreltilen ABTS radikal çözeltisinden spektrofotometre küvetine 2,98 mL aktarılıp, başlangıç (0. dk.) absorbans değeri not edilmiştir. Ardından ABTS radikalinin bulunduğu küvete 20 μL kuru incir ekstraktı ilave edilip 6. dk.’daki absorbans değeri okunmuştur. Absorbans farkı ve troloks standardı konsantrasyonundan oluşturulan standart eğri kullanılarak, sonuçlar $\mu\text{mol troloks eşdeğeri } 100 \text{ g}^{-1}$ incir olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar troloks standardı ile oluşturulmuş kalibrasyon eğrisi (Ek 3) ile $\mu\text{mol TE } 100 \text{ g}^{-1}$ cinsinden ifade edilmiştir.

3.8.11. HPLC ile Şeker Bileşiminin Belirlenmesi

Hazırlanmış olan kuru incir ekstraktları 1:1 (*hacim:hacim*) oranında saf su ile seyreltilerek 0,45 μm ’lik filtreden (Sartorius RC, Almanya) geçirilmiş ve HPLC

(Shimadzu LC-20A)'ye enjekte edilmek üzere viallere aktarılmıştır (Şekil 3.12). Aminex HPX-87P karbonhidrat kolonunda (300 x 7,8 mm.; 80 °C) HPLC saflıkta su mobil fazının akış hızı 0,6 mL/dk. olmuş ve refraktif indeks dedektörü (RID – 10 A, Shimadzu, Japonya) kullanılarak düşük moleküler ağırlıklı karbonhidratların analizi gerçekleştirilmiştir. Farklı konsantrasyonlardaki (1.000 – 10.000 ppm) sakaroz, glikoz ve früktoz standartlarının kromatogramda oluşturduğu piklerin alıkonma süreleri ve alanları kullanılarak tanılama ve miktar analizi yapılmıştır. Sonuçlar g 100 g⁻¹ cinsinden hesaplanmıştır (Yılmaz vd., 2019). Sakaroz, glikoz ve früktoz standartları için oluşturulan kalibrasyon eğrileri sırasıyla Ek 4, Ek 5 ve Ek 6'da verilmiştir.



Şekil 3.12. Viallere aktarılan kuru incir ekstraktları

3.9. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistikî Analizler

Tez kapsamında tüm yıkama işlemleri üç kez gerçekleştirilmiş ve analizler de en az üç kez tekrarlanmıştır. Verilerin istatistiki değerlendirilmesi SPSS paket programı (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen verilerde, sonuçlar üzerine parametrelerin etkisi varyans analizi ile tespit edilerek ortalamalar arasındaki farklılık ($P < 0,05$) Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. Optimizasyon işlemleri, Design-Expert (versiyon 12.0, Statease Inc., Minneapolis, MN, ABD) yazılımı ile yanıt yüzey metodu (RSM) uygulanarak yapılmış ve parametrelerin etkinliği merkezi tümleşik tasarım (CCD) ile belirlenmiştir. Deneysel veriler ikinci derece polinom modeline örtüştürülerek regresyon katsayıları çoklu doğrusal regresyon ile elde edilmiştir:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{\substack{i=1 \\ i < j}}^{k-1} \sum_{j=2}^k \beta_{ij} X_i X_j$$

Burada Y tahmin edilen bağımlı değişken; X_i ve X_j , Y değerini etkileyen bağımsız değişkenler ($i \neq j$); β_0 , β_i , β_{ii} , β_{ij} sırasıyla kesişim, doğrusal, ikinci dereceden ve

etkileşim terimlerinin regresyon katsayılarıdır; k ise değişken sayısını ifade etmektedir.

Modelin doğruluğu, programın ANOVA çıktıları olan uyum eksikliği (lack of fit), uyum katsayısı (R^2) ve Fisher test değerine (F -değeri) göre değerlendirilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Tekli Yıkama İşlemlerinin İnoküle Kuru İncirlerin Mikrobiyal Yüklerine Etkileri

Kuru incirin mikrobiyal dekontaminasyonu üzerine yıkama işlemlerinin etkisinin incelendiği bu tezde ilk olarak tekli yıkama işlemleri ile mikrobiyal düşüşler belirlenmiştir. Bu kapsamda ultrases (100, 350 ve 600 W); PAA (40, 120 ve 200 ppm) ve NaCl (%4, 8 ve 12) yıkama işlemleri sonucu *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* ile inoküle edilmiş kuru incirlerin mikrobiyotasındaki değişimler incelenmiştir.

Kuru incirlere ~ 7 log KOB g^{-1} *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* inoküle edilip tekli yıkama işlemlerinin gerçekleştirilmesinin ardından mikrobiyal popülasyonda *E. coli* için 0,11 – 3,15; *B. cereus* için 0,27 – 0,85; *P. expansum* için 0,37 – 0,97 log KOB g^{-1} aralıklarında düşüş meydana gelmiştir (Çizelge 4.1). Kuru incirde mikrobiyal yükü azaltmak için ultrases ile yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Ultrasesin 100, 350 ve 600 W güçleri ile sırasıyla *E. coli* için 0,11; 0,17; 0,38 log KOB g^{-1} , *B. cereus* için 0,27; 0,29; 0,30 log KOB g^{-1} , *P. expansum* için ise 0,54; 0,58; 0,79 log KOB g^{-1} azalma sağlanmıştır. Artan ultrases gücünün tüm mikroorganizmalar üzerinde dekontaminasyon etkinliğini artırdığı belirlenmiştir. Örneğin; ultrases yıkama işlemi ile en yüksek mikrobiyal azalmanın sağlandığı *P. expansum* sonuçları incelendiğinde, 100 ve 350 W ultrases güçlerinde sırasıyla 0,54 ve 0,58 log KOB g^{-1} azalma gözlenirken, 600 W ultrases gücünde 0,79 log KOB g^{-1} azalma gerçekleşmiştir. Ultrases ile mikrobiyal dekontaminasyon etkisi; hücre zarı ve hücre duvarının yapısındaki kırılmalara ve gözenek oluşumuna neden olan kavitasyon etki mekanizması ve DNA yapısında parçalanmalara neden olan serbest radikal üretim mekanizmaları ile açıklanmaktadır (de São José vd., 2014; Kang vd., 2017). Kavitasyon etkisiyle meydana gelen mekanik şoklar, hücre ölümüne varan yapısal ve fonksiyonel etkiler yaratabilmektedir (Sarkinas vd., 2018).

Ultrases yıkama işleminin mikrobiyal dekontaminasyon etkisi üzerine yapılan bir çalışmada, ultrases yıkama işleminin (600 W/28 kHz, 30 dk.) *E. coli* popülasyonunda 2,19 log KOB mL^{-1} ; *B. cereus* bakteri popülasyonunda 3,4 log KOB mL^{-1} ; *B. cereus* sporları üzerinde ise 0,14 log KOB mL^{-1} azalma gösterdiği rapor edilmiştir. Vejetatif formdaki mikroorganizmalar üzerinde ultrases yıkama işleminin dekontaminasyon etkisinin daha yüksek olması, aynı mikroorganizmanın

sporlarının olumsuz çevresel koşullara daha dirençli olması ile açıklanabilmektedir. Ayrıca *B. cereus* sporlarının hidrofobik ve biyofilm oluşturma özellikleri sayesinde mekanik etkilere karşı oldukça dayanıklı olduğu bilinmektedir (Lv vd., 2019a). Ultrases yıkama işleminin tek başına yüksek mikrobiyal dekontaminasyon etki sağlayamadığı rapor edilmiştir (Okuroğlu vd., 2019). Ultrases yıkama işleminin etkinliğini artırmak amacıyla termal uygulamalar ve sanitasyon ajanları ile ultrases yıkama işleminin kombine kullanımı tavsiye edilmektedir (Sarkinas vd., 2018). Yapılan bir çalışmada ultrases yıkama işleminin (800 W/20 kHz, 30 dk.) tek başına uygulanması ile *B. cereus* sporları üzerinde 0,12 log KOB mL⁻¹ düşüş sağlandığı belirlenmiştir. Ultrases yıkama işleminin termal ve basınç uygulamalarıyla kombine edilmesi durumunda *B. cereus* sporlarının mikrobiyal yükündeki azalmanın daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Ultrases yıkama işleminin tek başına mikrobiyal dekontaminasyon üzerinde önemli derecede etkili olmadığı ancak kombine uygulamalar ile etkinliğinin artırabileceği sonucuna ulaşılabilmektedir (Lv vd., 2019b). Sagong vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada tek başına ultrases uygulamasının *E. coli* O157:H7, *S. typhimurium* ve *L. monocytogenes* inoküle mikrobiyal popülasyon üzerinde önemli ölçüde azalma sağladığı rapor edilmiştir. İlgili çalışma kapsamında taze marulda ultrases yıkama işlemi (30 W/40 kHz, 5 dk.) ile mikrobiyal popülasyonda *E. coli* O157:H7 için 0,89; *S. typhimurium* için 0,90; *L. monocytogenes* için ise 0,84 log KOB g⁻¹ düşüş tespit edilmiştir.

Peroksiasetik asit, perasetik asit (CH₃CO₃H) ve hidrojen peroksit (H₂O₂) kombinasyonundan oluşan ve genellikle ticari amaçla kullanılan güçlü bir oksidasyon ajanıdır (Bang vd., 2017). Gıda endüstrisinde meyve ve sebzelerin yıkanmasında sanitasyon ajanı olarak kullanılmaktadır (Rood vd., 2018). PAA'nın düşük konsantrasyonlarda kullanımının bile patojen mikroorganizmalar üzerinde inaktivasyon etki gösterdiği bilinmektedir (Bang vd., 2017). Bu amaçla kuru incirde mikrobiyal dekontaminasyonu sağlayan bir diğer yöntem olarak PAA ile yıkama işlemi uygulanmıştır. Kuru incirlere ~7 log KOB g⁻¹ *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* inoküle edilip sonrasında PAA (40, 120 ve 200 ppm) ile yıkama işlemleri gerçekleştirilmiştir. PAA yıkama işlemi ile 40, 120 ve 200 ppm konsantrasyonlarda sırasıyla, *E. coli* için 2,12; 2,89; 3,15 log KOB g⁻¹, *B. cereus* için 0,54; 0,75; 0,79 log KOB g⁻¹, *P. expansum* için ise 0,44; 0,44; 0,97 log KOB g⁻¹ mikrobiyal düşüş gerçekleşmiştir.

Tüm mikroorganizmalar içinde *E. coli* mikrobiyotası üzerine PAA (200 ppm) ile yıkama işleminin 3,15 log KOB g⁻¹ düşüş ile en fazla mikrobiyal dekontaminasyon

etki gösterdiği belirlenmiştir. *B. cereus* sporları üzerine PAA yıkama işleminin etkisi incelendiğinde en az mikrobiyal düşüş PAA (40 ppm) ile 0,54 log KOB g⁻¹ olarak gerçekleştiği belirlenmiştir. Artan PAA konsantrasyonu ile mikrobiyal dekontaminasyon etkisinin arttığı ve 120 ppm ile 200 ppm PAA konsantrasyonları arasında istatistikî olarak fark olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). *P. expansum* popülasyonunda en yüksek mikrobiyal azalmanın 200 ppm PAA konsantrasyonu ile 0,97 log KOB g⁻¹ olarak gerçekleştiği belirlenmiştir. Düşük konsantrasyonlarda (40 ppm ve 120 ppm) PAA yıkama işleminin *P. expansum* dekontaminasyonu üzerinde anlamlı fark oluşturmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Salomao vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, elma örneklerine *P. expansum* inoküle edilmiş ve ardından PAA (50 ve 80 ppm) ile yıkama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yıkama işlemleri sonrasında *P. expansum* üzerinde 50 ppm PAA için 0,85 log KOB g⁻¹, 80 ppm PAA için ise 1,93 log KOB g⁻¹ mikrobiyal azalma tespit edilmiştir. PAA ile yıkama işleminin mikrobiyal yükte azalma sağladığı ve artan PAA konsantrasyonu ile mikrobiyal dekontaminasyon etkisinin arttığı rapor edilmiştir. Bu durum PAA'nın hücre DNA yapısını etkileyen reaktif oksijen türlerini üretebilmesi ve hücre duvarı yapısındaki sülfür ve sülfidril bağlarını oksitleyerek hücre duvarı geçirgenliğini etkilemesinden kaynaklanmaktadır (Rood vd., 2018).

Kuru incirde mikrobiyal dekontaminasyonu sağlamak amacıyla uygulanan bir diğer yöntem ise geleneksel bir yıkama yöntemi olarak bilinen NaCl ile yıkama işlemidir. Bu aşamada inoküle edilen kuru incirler, %4, 8 ve 12 konsantrasyonlarında NaCl ile yıkama işlemine tabi tutulmuştur. NaCl ile yıkama işlemlerinin gerçekleştirilmesinin ardından kuru incir mikrobiyal popülasyonunda sırasıyla *E. coli* için 0,53; 1,21; 1,45 log KOB g⁻¹, *B. cereus* için 0,65; 0,70; 0,85 log KOB g⁻¹, *P. expansum* için ise 0,37; 0,38; 0,41 log KOB g⁻¹ düşüş gözlenmiştir. Diğer mikroorganizmalar ile kıyaslandığında en yüksek mikrobiyal düşüş %12 NaCl konsantrasyonu ile 1,45 log KOB g⁻¹ olarak *E. coli* mikrobiyotasında gerçekleşirken en az mikrobiyal düşüş %4 NaCl konsantrasyonu ile 0,37 log KOB g⁻¹ olarak *P. expansum* için gerçekleşmiştir. Artan NaCl konsantrasyonu (%8 ve 12) ile *E. coli* ve *B. cereus* mikrobiyal popülasyonundaki düşüş artarken, *P. expansum* için farklı NaCl konsantrasyonları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($P>0,05$).

Kuru incirde mikrobiyal dekontaminasyon için yapılan tekli yıkama işlemlerinde en yüksek mikrobiyal azalma sonuçlarına 600 W ultrasases, 200 ppm PAA ve %12 NaCl ile ulaşılmıştır. Tekli yıkama işlemlerinin mikrobiyal dekontaminasyon etkinlikleri

karşılaştırıldığında en yüksek etkiye PAA yıkama işlemiyle ulaşıldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Kuru incirde tekli yıkamalara ait *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* mikrobiyal yükündeki düşüşler

Yıkama İşlemleri	İşlem Parametreleri	<i>E. coli</i> azalma (log KOB g ⁻¹)	<i>B. cereus</i> azalma (log KOB g ⁻¹)	<i>P. expansum</i> azalma (log KOB g ⁻¹)
Ultrases gücü (W)	100 W	0,11 ± 0,11 ^{aA}	0,27 ± 0,11 ^{aAB}	0,54 ± 0,28 ^{aB}
	350 W	0,17 ± 0,15 ^{aA}	0,29 ± 0,09 ^{aAB}	0,58 ± 0,38 ^{aB}
	600 W	0,38 ± 0,16 ^{aA}	0,30 ± 0,04 ^{aA}	0,79 ± 0,32 ^{abB}
Peroksiasetik asit konsantrasyonu (ppm)	40 ppm	2,12 ± 0,16 ^{cB}	0,54 ± 0,28 ^{bA}	0,44 ± 0,24 ^{aA}
	120 ppm	2,89 ± 0,83 ^{dB}	0,75 ± 0,06 ^{bcA}	0,44 ± 0,25 ^{aA}
	200 ppm	3,15 ± 0,37 ^{dB}	0,79 ± 0,10 ^{bcA}	0,97 ± 0,07 ^{bA}
Sodyum klorür konsantrasyonu (%)	%4	0,53 ± 0,11 ^{aA}	0,65 ± 0,27 ^{bcA}	0,37 ± 0,21 ^{aA}
	%8	1,21 ± 0,68 ^{bb}	0,70 ± 0,18 ^{bcAB}	0,38 ± 0,25 ^{aA}
	%12	1,45 ± 0,61 ^{bb}	0,85 ± 0,12 ^{cAB}	0,41 ± 0,17 ^{aA}

Üst indis olarak gösterilen küçük harfler (a, b, c) aynı sütundaki, büyük harfler (A, B, C) ise hücre içerisinde aynı satırdaki olmak üzere; aynı harfe sahip ortalamalar arasında istatistikî açıdan fark bulunmamaktadır ($P>0,05$).

4.2. Kombine Yıkama İşlemlerinin İnoküle Kuru İncirlerin Mikrobiyal Yüklerine Etkileri

Kuru incirde mikrobiyal dekontaminasyon için uygulanan ultrases (100, 350 ve 600 W); PAA (40, 120 ve 200 ppm) ve NaCl (%4, 8 ve 12) ile tekli yıkama işlemleri sonrasında bu işlemlerin kombine etkileri RSM kullanılarak incelenmiştir. RSM ile ultrases için 100 – 600 W ultrases gücü; PAA için 40 – 200 ppm ve NaCl için %4 – 12 konsantrasyon aralıklarında deneme planları oluşturulmuş ve kombine (ikili ve üçlü) yıkama işlemleri gerçekleştirilerek mikrobiyal yükteki düşüşe etkileri belirlenmiştir. Analizler sonucunda elde edilen istatistikî sonuçlar dikkate alınarak PAA ve NaCl ile ikili ve US, PAA ve NaCl ile üçlü yıkama işlemlerinin PAA bağımsız değişken konsantrasyon aralığı 40 – 120 ppm olarak güncellenerek tekrarlanmıştır.

4.2.1. Ultrases ve Peroksiasetik Asit (PAA) Kombine Yıkama İşleminin İnoküle Kuru İncirlerin Mikrobiyal Yüklerine Etkileri

Kuru incirde mikrobiyal dekontaminasyon etkisinin belirlenmesinde ikinci aşama olan ikili yıkama işlemleri incelenmiştir. Bu aşamada ilk olarak ultrases için 100 – 600 W, PAA için 40 – 200 ppm aralığında deneme planı oluşturulmuş ve bunların

kuru incirde mikrobiyal dekontaminasyon etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Mikrobiyal dekontaminasyon üzerine ultrases ve PAA ile kombine yıkama işlemlerinin etkileri RSM kullanılarak CCD ile belirlenmiştir. Programın belirlediği üçü merkez nokta olmak üzere toplam 11 deney ve bu deneyler sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, mikrobiyal düşüşün *E. coli* için $2,17 - 3,60 \log \text{KOB g}^{-1}$, *B. cereus* için $0,47 - 1,11 \log \text{KOB g}^{-1}$, *P. expansum* için ise $0,24 - 1,08 \log \text{KOB g}^{-1}$ aralıklarında değiştiği görülmektedir. İkili yıkama işlemleri karşılaştırıldığında en fazla mikrobiyal düşüş, 600 W ultrases ile 120 ppm PAA kombine yıkama işlemi sonucu elde edilmiştir. Bu işlem koşullarında *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* için sırasıyla 3,60; 1,11 ve 1,08 $\log \text{KOB g}^{-1}$ mikrobiyal düşüş gözlenmiştir. Tekli ve kombine yıkama işlemlerinin kuru incir mikrobiyotasındaki etkisi incelendiğinde ultrases ve PAA ile kombine yıkama işleminde tekli yıkama işlemlerine kıyasla daha yüksek mikrobiyal azalmanın sağlandığı belirlenmiştir. Ultrasesin PAA ile kombine dekontaminasyon etkisi, ultrases dalgalarının kaviteasyon etkisi ile hücre duvarını tahrip etmesi ve bunun sonucunda oluşan mikro boşluklar içerisine PAA’nın geçişinin kolaylaşması ile açıklanabilir (Bang vd., 2017).

Ultrases ve farklı sanitasyon ajanlarıyla yıkama işlemlerinin sinerjik etkilerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, ıspanak yapraklarına *E. coli* O157:H7 inoküle edilmiş ve yıkama işlemlerinde farklı sanitasyon ajanlarının tek başına ve ultrases (200 W/21,2 kHz, 2 dk.) ile kombine olarak uygulanmasının mikrobiyal dekontaminasyon üzerine etkileri incelenmiştir. Yıkama işlemleri sonrasında PAA (80 mg L^{-1} , 2 dk.) için $2,2 \log \text{KOB g}^{-1}$ mikrobiyal düşüş gözlenirken, PAA ve ultrases ile kombine yıkama işleminde $2,9 \log \text{KOB g}^{-1}$ mikrobiyal düşüş tespit edilmiştir. Ultrases ve PAA ile kombine yıkama işlemlerinin mikrobiyal dekontaminasyonu artırdığı rapor edilmiştir. Bu durum, ultrasesin sanitasyon ajanlarının dekontaminasyon etkisini artırması ve mikroorganizmaların biyofilm oluşturma özelliklerini olumsuz yönde etkilemesi ile açıklanabilir (Chen vd., 2019). Son çalışmalar, fiziksel veya kimyasal yöntemlerle kombine edilen ultrases işleminin mikroorganizmaların inaktivasyonu için daha verimli olduğunu göstermiştir (Zhu vd., 2017; Guo vd., 2020). Bu durum ultrasesin neden olduğu kaviteasyonun mikrobiyal ayrışmayı kolaylaştırması ve sanitasyon ajanlarının mikroorganizma hücrelerine girişini hızlandırması ve böylece etkinliğinin artmasından kaynaklanmaktadır (Guo vd., 2020). Yapılan bir başka çalışmada ise çilek örneklerinde gelişmesi muhtemel olan küf ve mayalar üzerine farklı sanitasyon

ajanları ile ultrases yıkama işlemlerinin sinerjik etkileri karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda uygulanan PAA (40 mg L⁻¹), ultrases (500 W/40 kHz, 5 dk.) ve ikili kombine yıkama işlemleri ile sırasıyla 1,3 log KOB g⁻¹; 0,9 log KOB g⁻¹ ve 2,0 log KOB g⁻¹ mikrobiyal düşüş gözlenmiştir. Bu durum, ultrases işleminin neden olduğu kaviteasyon etkisi ile PAA'nın hücre zarından geçişinin kolaylaşması ve böylece antimikrobiyal etkinliğinin artması ile açıklanmıştır (do Rosário vd., 2017).

Çizelge 4.2. Ultrases ve peroksiasetik asit (PAA) kombine yıkama işlemine ait deneysel tasarım ve bağımlı değişkenlerin analiz sonuçları

Deney no*	Bağımsız değişkenler		Bağımlı değişkenler		
	Ultrases gücü (W)	PAA kons. (ppm)	<i>E. coli</i> azalma (log KOB g ⁻¹)	<i>B. cereus</i> azalma (log KOB g ⁻¹)	<i>P. expansum</i> azalma (log KOB g ⁻¹)
1	350	200	3,06	0,86	0,57
2	100	120	2,17	0,81	0,29
3	350	120	2,65	0,63	0,45
4	350	120	2,61	0,60	0,52
5	173	63	2,30	0,58	0,24
6	527	177	3,49	0,90	0,88
7	527	63	3,43	0,88	0,70
8	350	120	2,70	0,63	0,56
9	350	40	2,48	0,47	0,36
10	600	120	3,60	1,11	1,08
11	173	177	2,87	0,84	0,45

*Harmanlanmış sıra

Bağımlı değişkenlere (*E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum*) ait model denklemleri RSM ile belirlenmiştir. Model denklemlerinde sadece istatistikî olarak anlamlı ($P < 0,05$) bulunan model parametreleri yer almıştır. Her bir bağımlı değişkene ait denklemler bağımsız değişkenler olan ultrases gücü (A) ve PAA konsantrasyonu (B) dikkate alınarak aşağıda verilmiştir:

$$\text{Model denklemleri: } Y = \beta_0 + \beta_1A + \beta_2B + \beta_{12}(A \times B) + \beta_{11}A^2 + \beta_{22}B^2$$

$$Y (\textit{E. coli} \textit{ azalma}) = 2,65 + 0,4715x(A) + 0,1813x(B) + 0,1646x(A^2)$$

$$Y (\textit{B. cereus} \textit{ azalma}) = 0,62 + 0,0980x(A) + 0,1039x(B) - 0,06x(A \times B) + 0,1669x(A^2)$$

$$Y (\textit{P. expansum} \textit{ azalma}) = 0,51 + 0,2509x(A) + 0,0859x(B) + 0,0856x(A^2)$$

Ultras ve PAA kombine yıkama işleminin deneysel tasarımına ait model regresyon katsayıları ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Bağımsız değişkenler olan ultras ve PAA mikrobiyal dekontaminasyon etkinliği analiz sonuçlarındaki farklı anlamlılık düzeyleri ile belirlenmiştir. Çizelge 4.3 incelendiğinde, her bir bağımlı değişken için modeller farklı önem düzeylerinde istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur. Ortalamaya ilişkin verilerin varyasyonunun bir ölçüsü olan F değerinin yüksek olması istenmektedir (Dey vd., 2001). F değerleri incelendiğinde, modelin uygunluğu desteklenmektedir. Bir modelin deneysel veriler için uygunluğunu gösteren uyum eksikliği (lack of fit) testine göre (Gençdağ vd., 2019b), tüm bağımlı değişkenlerin uyum eksikliği istatistikî açıdan önemsiz ($P>0,05$) bulunmuştur. R^2 ve ayarlanmış R^2 değerlerinin hem birbirine hem de 1,0’e yakın olması modelin anlamlılığını destekleyen parametrelerdir (Anonim, 2020c). Sonuçlar incelendiğinde R^2 ve ayarlanmış R^2 değerleri modelin uygunluğunu desteklemektedir (Çizelge 4.3).

Bağımsız değişkenlerden olan ultras gücünün *B. cereus* miktarına ($P<0,01$) ve diğer bağımlı değişkenler olan *E. coli* ve *P. expansum* miktarlarına ($P<0,001$) olan doğrusal etkileri farklı önem düzeylerinde istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur. Diğer bağımsız değişken olan PAA konsantrasyonunun bağımlı değişkenler üzerine olan doğrusal etkisi farklı önem düzeylerinde istatistikî olarak anlamlıdır. Ultras ve PAA’in etkileşimli etkisinin *B. cereus* için etkisi istatistikî olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

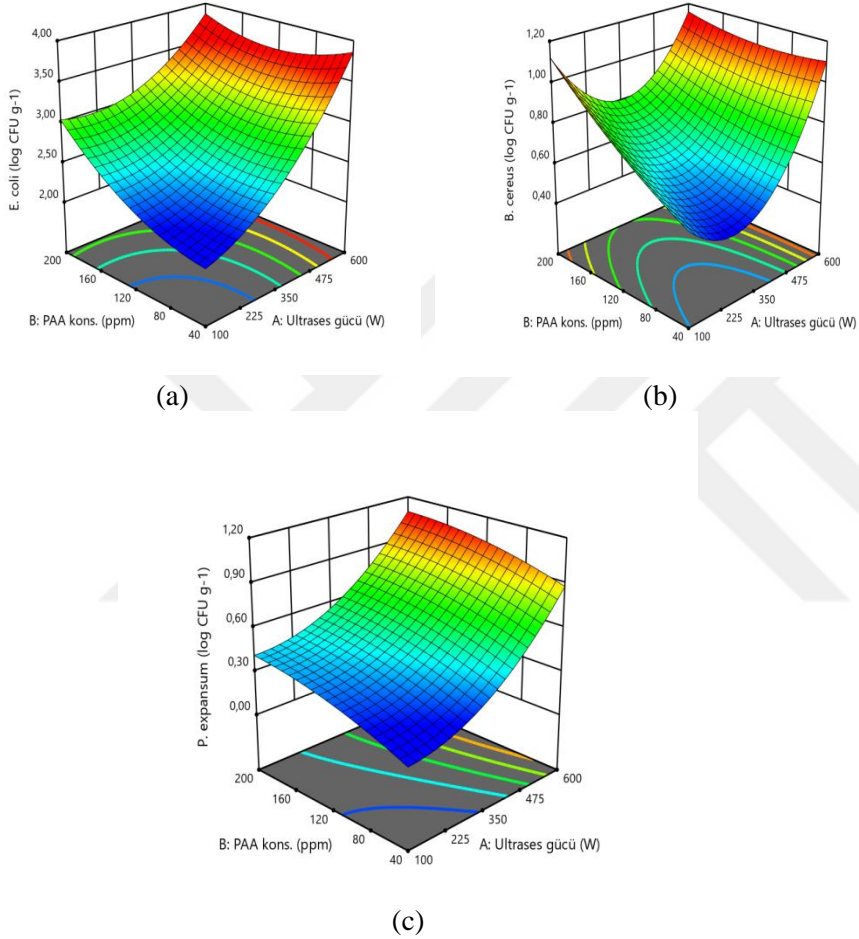
İkinci dereceden etkiler incelendiğinde, ultras gücünün *B. cereus* azalmasına ($P<0,001$) ve diğer bağımlı değişkenler üzerine olan etkileri ($P<0,05$) istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Ultrases ve peroksiasetik asit (PAA) kombine yıkama işlemine ait istatistikî analiz sonuçları ve model katsayıları

Model parametreleri	Katsayı	<i>E. coli</i> azalma (log KOB g ⁻¹)	<i>B. cereus</i> azalma (log KOB g ⁻¹)	<i>P. expansum</i> azalma (log KOB g ⁻¹)
Kesişim	β_0	2,65**	0,6200***	0,5100***
Doğrusal				
Ultrases gücü (W), A	β_1	0,4715***	0,0980**	0,2509***
PAA konsantrasyonu (ppm), B	β_2	0,1813*	0,1039**	0,0859**
Etkileşimli				
A x B	β_{12}	-0,1275	-0,0600*	-0,0075
İkinci Derece				
A ²	β_{11}	0,1646*	0,1669***	0,0856*
B ²	β_{22}	0,1071	0,0194	-0,0244
R²		0,9605	0,9697	0,9781
Ayarlanmış R²		0,9209	0,9394	0,9563
P-değeri		0,0016	0,0008	0,0004
F-değeri		24,29	31,98	44,73
Uyum eksikliği		0,0642	0,0833	0,5896

Önem düzeyleri: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

Kuru incirlerin ultrases ve PAA ile kombine yıkanması işlemlerindeki bağımsız değişkenlerin *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* dekontaminasyonu üzerine etkilerinin üç boyutlu grafikleri Şekil 4.1’de sunulmuştur. Bağımsız değişkenlerden olan ultrases gücünün artması ile *E. coli* (Şekil 4.1a) ve *P. expansum* (Şekil 4.1c) mikrobiyal popülasyonunda doğrusal azalma olduğu görülmektedir. *B. cereus* (Şekil 4.1b) mikrobiyotasında 350 W’a kadar uygulanan ultrases gücünün önemli farklılık oluşturmadığı tespit edilmiş ancak 350 W üzerinde uygulanan ultrases ile mikrobiyal düşüşte doğrusal artış olduğu belirlenmiştir. Bir diğer bağımsız değişken olan PAA’in etkileri incelendiğinde, artan PAA’in tüm bağımlı değişkenlerde mikrobiyal dekontaminasyonu artırdığı tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, salatalık örneklerine inoküle edilen *Cronobacter sakazakii* mikrobiyotası üzerine ultrases (380 W/37 kHz, 40 dk.) ve PAA (50 – 200 ppm) yıkama işlemlerinin sinerjistik etkileri incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde 50, 100, 150 ve 200 ppm PAA konsantrasyonları için mikrobiyal düşüşler sırasıyla 0,89; 1,09; 1,41 ve 1,88 log KOB/cm² olarak belirlenmiştir. Artan PAA konsantrasyonu ile mikrobiyal düşüşün artırmasının nedeni, hücre zarı yapılarının bozulmasına neden olan reaktif oksijen türlerinin oluşması ve hücre duvarı geçirgenliğinin etkilenmesidir (Bang vd., 2017).



Şekil 4.1. Ultrases – peroksiasetik asit kombine yıkama işlemlerinin bağımlı değişkenler üzerine etkilerinin üç boyutlu grafikleri

4.2.2. Ultrases ve Sodyum Klorür (NaCl) Kombine Yıkama İşleminin İnoküle Kuru İncirlerin Mikrobiyal Yüklerine Etkileri

Kuru incirde mikrobiyal dekontaminasyon etkisinin belirlenmesinde bir diğer ikili yıkama işlemi olan ultrases ve NaCl ile kombine yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada ilk olarak ultrases için 100 – 600 W güç ve NaCl için %4 – 12 konsantrasyon aralığında deneme planı oluşturulmuştur. Programın belirlediği üçü merkez nokta olmak üzere toplam 11 deney ve bu deneyler sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4’te sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde, mikrobiyal düşüşün *E. coli* için 1,24 – 2,50 log KOB g⁻¹, *B. cereus* için 0,34 – 0,68 log KOB g⁻¹, *P. expansum* için ise 0,44 – 0,75 log KOB g⁻¹ aralığında değiştiği görülmektedir. En

yüksek mikrobiyal düşüşlerde *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* için ultrases güçleri ve NaCl konsantrasyonları sırasıyla, 350 W, %12; 600 W, %8 ve 527 W, %10,8 kombine yıkama işlem koşullarında, 2,50; 0,68 ve 0,75 log KOB g⁻¹ olarak gerçekleşmiştir. Tekli ve kombine yıkama işlemlerinin kuru incir mikrobiyotasındaki etkileri karşılaştırıldığında, ultrases ve NaCl ile kombine yıkama işleminde daha yüksek mikrobiyal düşüş sağlandığı belirlenmiştir. Bu durum, NaCl'nin dehidrasyon etkisi ile gıdalarda nem içeriğini azaltması, hücrenin ozmotik basıncını artırarak mikroorganizmalar üzerindeki stresi indüklemesi ve böylece mikroorganizmaların ölümüne neden olması ile açıklanmaktadır (Kim vd., 2017; Kim vd., 2020).

Çizelge 4.4. Ultrases ve sodyum klorür (NaCl) kombine yıkama işlemine ait deneysel tasarım ve bağımlı değişkenlerin analiz sonuçları

Deneysel no*	Bağımsız değişkenler		Bağımlı değişkenler		
	Ultrases gücü (W)	NaCl kons. (%)	<i>E. coli</i> azalma (log KOB g ⁻¹)	<i>B. cereus</i> azalma (log KOB g ⁻¹)	<i>P. expansum</i> azalma (log KOB g ⁻¹)
1	600	8,0	2,00	0,68	0,71
2	527	10,8	2,31	0,67	0,75
3	350	8,0	1,69	0,53	0,70
4	350	12,0	2,50	0,67	0,69
5	173	10,8	1,80	0,53	0,54
6	527	5,2	1,87	0,64	0,67
7	350	8,0	1,82	0,60	0,60
8	173	5,2	1,56	0,42	0,50
9	350	4,0	1,72	0,53	0,53
10	350	8,0	1,85	0,63	0,65
11	100	8,0	1,24	0,34	0,44

*Harmanlanmış sıra

Kim vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, gıda kaynaklı patojenler olan *E. coli* O157: H7, *L. monocytogenes* ve *S. aureus* mikrobiyal dekontaminasyonu üzerine NaCl (%1 – 15) ve uçucu yağların (karvakrol ve timol) (0,5 – 2 mM) etkisi 1 – 10 dk. aralığında incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, %3 NaCl, 2,0 mM timol, 5 dk. yıkama işlem koşullarında *E. coli* O157: H7 tamamen inaktive olurken *L. monocytogenes* ve *S. aureus* için sırasıyla 5,3 ve 2,9 log KOB mL⁻¹ mikrobiyal düşüş gözlenmiştir. *L. monocytogenes* ve *S. aureus* için tamamen inaktive olduğu işlem koşulları sırasıyla, >%10 NaCl, 1,0 mM timol, 5 dk. ve %15 NaCl, >1,5 mM timol, 10 dk. olarak rapor edilmiştir. Artan NaCl konsantrasyonunun antimikrobiyal etkiyi artırdığı belirlenmiştir. Bu durum NaCl çözeltisinin hücresel dehidrasyon ile mikroorganizmanın ozmotik basıncında artışa neden olması ve böylece

mikroorganizmalar üzerindeki stresi artırmasından kaynaklanmaktadır (Kim vd., 2020).

Bağımlı değişkenlere (*E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum*) ait model denklemleri RSM programı ile belirlenmiştir. Model denklemlerinde sadece istatistikî olarak anlamlı ($P<0,05$) bulunan model parametreleri yer almıştır. Her bir bağımlı değişkene ait denklemler bağımsız değişkenler olan ultrases gücü (A) ve NaCl konsantrasyonu (B) dikkate alınarak belirlenmiştir.

Model denklemi: $Y = \beta_0 + \beta_1A + \beta_2B + \beta_{12}(A \times B) + \beta_{11}A^2 + \beta_{22}B^2$

Y (*E. coli* azalma) = $1,79 + 0,2369x(A) + 0,2229x(B)$

Y (*B. cereus* azalma) = $0,5867 + 0,1051x(A)$

Y (*P. expansum* azalma) = $0,65 + 0,0952x(A)$

Çizelge 4.5. Ultrases ve sodyum klorür (NaCl) kombine yıkama işlemine ait istatistikî analiz sonuçları ve model katsayıları

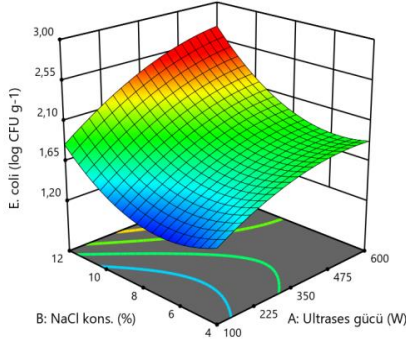
Model parametreleri	Katsayı	<i>E. coli</i> azalma (log KOB g ⁻¹)	<i>B. cereus</i> azalma (log KOB g ⁻¹)	<i>P. expansum</i> azalma (log KOB g ⁻¹)
Kesişim	β_0	1,79**	0,5867**	0,6500**
Doğrusal				
Ultrases gücü (W), A	β_1	0,2369***	0,1051***	0,0952***
NaCl konsantrasyonu (%), B	β_2	0,2229**	0,0422	0,0433
Etkileşimli				
A x B	β_{12}	0,0500	-0,0200	0,0100
İkinci Derece				
A ²	β_{11}	-0,0783	-0,0358	-0,0319
B ²	β_{22}	0,1667	0,0092	-0,0144
R²		0,9605	0,9366	0,9267
Ayarlanmış R²		0,9210	0,8732	0,8533
P-değeri		0,0016	0,0051	0,0073
F-değeri		24,33	14,77	12,64
Uyum eksikliği		0,4345	0,8214	0,8134

Önem düzeyleri: * $P<0,05$; ** $P<0,01$; *** $P<0,001$

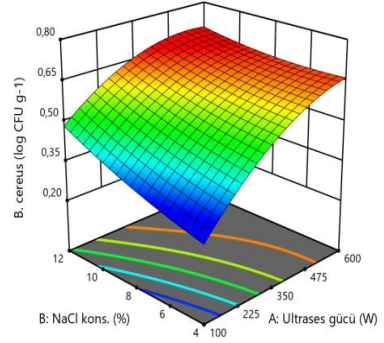
Ultrases ve NaCl kombine yıkama işlemine ait model regresyon katsayıları ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Bağımsız değişkenlerin mikrobiyal dekontaminasyon etkinliği farklı anlamlılık düzeyleri ile belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde her bir bağımlı değişken için modeller

istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,01$). F değerinin yüksek olması ve tüm bağımlı değişkenlerin uyum eksikliğinin istatistikî açıdan önemsiz ($P>0,05$) olması modelin deneysel veriler için uygunluğunu desteklemektedir. Aynı zamanda R^2 ve ayarlanmış R^2 değerleri modelin uygunluğunu göstermektedir.

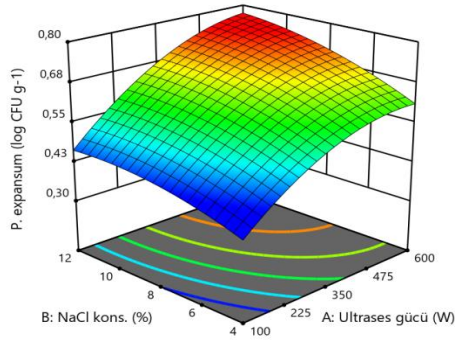
Bağımsız değişkenlerden olan ultrasases gücünün *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* miktarına olan doğrusal etkileri istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,001$). NaCl konsantrasyonunun *E. coli* mikrobiyal dekontaminasyon üzerine doğrusal etkisi istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,01$). Ultrasases ve NaCl'nin etkileşimli etkisi ve ikinci dereceden etkileri incelendiğinde tüm mikroorganizmalar için istatistikî açıdan önemli olmadıkları belirlenmiştir ($P>0,05$).



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.2. Ultrasases – NaCl kombine yıkama işlemlerinin bağımlı değişkenler üzerine etkilerinin üç boyutlu grafikleri

Kuru incir yıkama işlemindeki bağımsız değişkenlerin *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* dekontaminasyonuna etkilerinin üç boyutlu grafikleri Şekil 4.2'de gösterilmektedir. Ultrases ve NaCl etkileşiminin *E. coli* (Şekil 4.2a) mikrobiyal dekontaminasyonu üzerine etkisi incelendiğinde, ultrases gücü *E. coli* mikrobiyotasında etkili olurken yaklaşık %8 NaCl konsantrasyonundan sonra *E. coli* sayısında azalma olduğu görülmektedir. NaCl konsantrasyonundaki artış ile *B. cereus* (Şekil 4.2b) miktarındaki düşüş doğrusal olarak artarken yaklaşık 475 W ultrases gücüne kadar *B. cereus* mikrobiyotasındaki düşüşün arttığı; bu noktadan sonra ise sabitlendiği görülmektedir. *P. expansum* (Şekil 4.2c) dekontaminasyonu üzerine bağımsız değişkenlerin etkileri incelendiğinde, yaklaşık 350 W ultrases ve %8 NaCl konsantrasyonuna kadar *P. expansum* mikrobiyotasındaki düşüşü artırırken, bu noktalardan sonra azalma olduğu görülmektedir.

4.2.3. Peroksiasetik Asit (PAA) ve Sodyum Klorür (NaCl) Kombine Yıkama İşleminin İnoküle Kuru İncirlerin Mikrobiyal Yüklerine Etkileri

Kuru incirde mikrobiyal dekontaminasyon etkisinin belirlenmesinde uygulanan ikili yıkama işlemlerinin son aşaması olan PAA ve NaCl ile kombine yıkama işlemlerine geçilmiştir. Bu aşamada öncelikle PAA için 40 – 200 ppm, NaCl için %4 – 12 aralıklarında deneme planı oluşturulmuş ve bunların kuru incirde mikrobiyal dekontaminasyon etkisi belirlenmiştir. Bu koşullarda PAA'nın dekontaminasyon etkisi istatistikî olarak belirlenemediği için 40 – 120 ppm aralığı kullanılarak revize edilmiş ve yıkama işlemleri bu aralıkta gerçekleştirilmiştir. Programın belirlediği üçü merkez nokta olmak üzere toplam 11 deney ve bu deneyler sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6'da sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde, mikrobiyal düşüşün *E. coli* için 0,81 – 2,94 log KOB g⁻¹, *B. cereus* için 0,28 – 0,72 log KOB g⁻¹, *P. expansum* için ise 0,20 – 1,17 log KOB g⁻¹ aralıklarında değiştiği görülmektedir. En yüksek mikrobiyal düşüş *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* için ultrases güçleri ve NaCl konsantrasyonları cinsinden sırasıyla, 80 ppm – %12; 108 ppm – %10,8 ve 80 ppm, %12; 108 ppm – %5,2 kombine yıkama işlem koşullarında, 3,23; 0,72; 1,17 log KOB g⁻¹ olarak gerçekleşmiştir.

Tekli ve kombine yıkama işlemlerinin kuru incir mikrobiyotasındaki etkileri karşılaştırıldığında PAA ve NaCl ile kombine yıkama işleminde daha yüksek mikrobiyal düşüş sağlandığı belirlenmiştir. İki farklı sanitasyon ajanının etkisinin incelendiği bir çalışmada, NaCl (%4) ve fitik asit (%0,4) ile kombine yıkama işlemlerinin *E. coli* O157:H7 üzerine mikrobiyal etkileri incelenmiştir (Kim ve

Rhee, 2016). Kombine yıkama işlemleri *E. coli* O157:H7 biyofilmlerinde >6,6 log KOB/cm² düzeyinde mikrobiyal düşüş sağlamıştır. Aynı zamanda, NaCl ve fitik asit ile kombine yıkama işleminin sinerjik etki göstererek mikrobiyal dekontaminasyonu artırdığı rapor edilmiştir.

Çizelge 4.6. Peroksiasetik asit (PAA) ve sodyum klorür (NaCl) kombine yıkama işlemine ait deneysel tasarım ve bağımlı değişkenlerin analiz sonuçları

D deney no*	Bağımsız değişkenler		Bağımlı değişkenler		
	PAA kons. (ppm)	NaCl kons. (%)	<i>E. coli</i> azalma (log KOB g ⁻¹)	<i>B. cereus</i> azalma (log KOB g ⁻¹)	<i>P. expansum</i> azalma (log KOB g ⁻¹)
1	52	10,8	1,84	0,51	0,27
2	108	10,8	2,94	0,72	0,57
3	80	8,0	1,32	0,53	0,82
4	40	8,0	1,63	0,28	0,20
5	80	8,0	1,10	0,53	0,65
6	80	4,0	0,94	0,65	0,96
7	120	8,0	2,03	0,46	0,70
8	80	12,0	3,23	0,72	0,20
9	108	5,2	0,81	0,59	1,17
10	52	5,2	1,06	0,54	0,61
11	80	8,0	1,02	0,58	0,86

*Harmanlanmış sıra

Bağımlı değişkenlere (*E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum*) ait model denklemleri RSM programı ile belirlenmiştir. Model denklemlerinde sadece istatistikî olarak anlamlı ($P < 0,05$) bulunan model parametreleri yer almıştır. Her bir bağımlı değişkene ait denklemler bağımsız değişkenler olan PAA konsantrasyonu (A) ve NaCl konsantrasyonu (B) dikkate alınarak belirlenmiştir.

Model denklemi: $Y = \beta_0 + \beta_1A + \beta_2B + \beta_{12}(A \times B) + \beta_{11}A^2 + \beta_{22}B^2$

Y (*E. coli* azalma) = $1,15 + 0,7686x(B) + 0,3375x(A \times B) + 0,2679x(A^2) + 0,3954x(B^2)$

Y (*B. cereus* azalma) = $0,5467 + 0,0643x(A) - 0,0727x(A^2) + 0,0848x(B^2)$

Y (*P. expansum* azalma) = $0,7767 + 0,1959x(A) - 0,2519x(B) - 0,1283x(A^2)$

PAA ve NaCl ile kombine yıkama işlemine ait model regresyon katsayıları ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Bağımsız

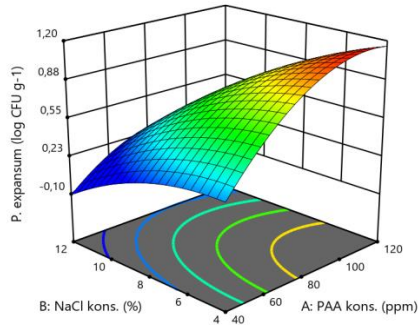
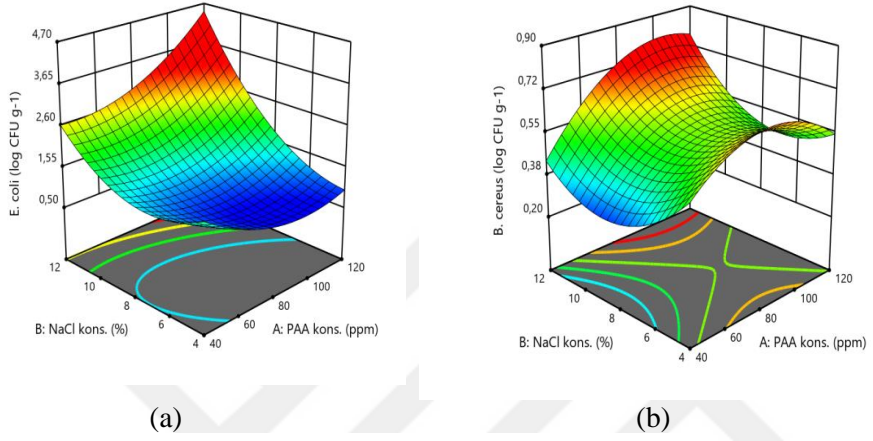
değişkenlerin dekontaminasyon etkinlikleri farklı anlamlılık düzeyleri ile belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, yüksek F değeri, tüm bağımlı değişkenlerin uyum eksikliği değerlerinin istatistikî açıdan önemsiz ($P>0,05$) olması ve birbirine yakın R^2 ve ayarlanmış R^2 değerleri modelin uygunluğunu göstermektedir.

Çizelge 4.7. Peroksiasetik asit (PAA) ve sodyum klorür (NaCl) kombine yıkama işlemine ait istatistikî analiz sonuçları ve model katsayıları

Model parametreleri	Katsayı	<i>E. coli</i> azalma (log KOB g ⁻¹)	<i>B. cereus</i> azalma (log KOB g ⁻¹)	<i>P. expansum</i> azalma (log KOB g ⁻¹)
Kesişim	β_0	1,15**	0,5467**	0,7767**
Doğrusal				
PAA konsantrasyonu (ppm), A	β_1	0,1770	0,0643**	0,1959**
NaCl konsantrasyonları (%), B	β_2	0,7686***	0,0249	-0,2519**
Etkileşimli				
A x B	β_{12}	0,3375*	0,0400	-0,0650
İkinci Derece				
A ²	β_{11}	0,2679*	-0,0727*	-0,1283*
B ²	β_{22}	0,3954**	0,0848**	-0,0633
R²		0,9633	0,9382	0,9306
Ayarlanmış R²		0,9266	0,8764	0,8611
P-değeri		0,0013	0,0048	0,0064
F-değeri		26,26	15,18	13,40
Uyum eksikliği		0,2795	0,2517	0,4868

Önem düzeyleri: * $P<0,05$; ** $P<0,01$; *** $P<0,001$

Bağımsız değişkenlerden olan PAA konsantrasyonunun *B. cereus* ve *P. expansum* mikrobiyal azalma miktarına olan doğrusal etkileri istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,01$). NaCl konsantrasyonunun *E. coli* ($P<0,001$) ve *P. expansum* ($P<0,01$) mikrobiyotası üzerine doğrusal etkisi farklı önem düzeylerinde istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur. PAA ve NaCl konsantrasyonlarının etkileşimli etkisi incelendiğinde *E. coli* miktarına ($P<0,05$) etkisi istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur. Bağımsız değişkenlerin ikinci dereceden etkileri incelendiğinde, PAA konsantrasyonunun *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* mikrobiyal azalma miktarına etkileri istatistikî açıdan anlamlı bulunmuştur ($P<0,05$). NaCl konsantrasyonunun ikinci derece etkisi ise *E. coli* ve *B. cereus* üzerine istatistikî olarak önemli bulunmuştur ($P<0,01$).



Şekil 4.3. Peroksiasetik asit – sodyum klorür kombine yıkama işlemlerinin bağımsız değişkenler üzerine etkilerinin üç boyutlu grafikleri

Kuru incir yıkama işlemindeki bağımsız değişkenlerin *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* dekontaminasyonuna etkilerinin üç boyutlu grafikleri Şekil 4.3'de gösterilmektedir. PAA ve NaCl kombine yıkama işlemlerinin *E. coli* (Şekil 4.3a) mikrobiyal dekontaminasyonu üzerine etkileri incelendiğinde, yaklaşık olarak 80 ppm PAA ve %8 NaCl konsantrasyonları sonrasında mikrobiyal düşüşte doğrusal bir artış olduğu görülmektedir. PAA konsantrasyonunun 40 – 80 ppm olduğu aralıkta *B. cereus* (Şekil 4.3b) mikrobiyal dekontaminasyonunda doğrusal artış olduğu, ancak bu noktadan sonra azalma olduğu görülmektedir. Düşük PAA (yaklaşık 80 ppm) ve yüksek NaCl (yaklaşık %10 -12) konsantrasyonlarında *E. coli* mikrobiyotasında doğrusal bir azalma görülmektedir. *P. expansum* (Şekil 4.3c) dekontaminasyonu üzerine bağımsız değişkenlerin etkileri incelendiğinde, PAA

konsantrasyonundaki artış ile *P. expansum* mikrobiyotasında azalma görülürken artan NaCl konsantrasyonu *P. expansum* mikrobiyal dekontaminasyonu üzerinde doğrusal azalma göstermiştir.

4.2.4. Ultrases, Peroksiasetik Asit (PAA) ve Sodyum Klorür (NaCl) Kombine Yıkama İşleminin İnoküle Kuru İncirlerin Mikrobiyal Yüklerine Etkileri

Kuru incirde mikrobiyal dekontaminasyon için uygulanan tekli ve ikili kombine yıkama işlemlerinden sonra en son aşama olan üçlü kombine yıkama işlemlerine geçilmiştir. Bu kapsamda ultrases için 100 – 600 W, PAA için 40 – 120 ppm ve NaCl için %4 – 12 aralıklarında deneme planı oluşturulmuştur. Mikrobiyal dekontaminasyon üzerine ultrases, PAA ve NaCl ile kombine yıkama işlemlerinin etkileri RSM kullanılarak CCD ile belirlenmiştir. Programın belirlediği dördü merkez nokta olmak üzere toplam 18 deney ve bu deneyler sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 4.8’de sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde mikrobiyal düşüşün *E. coli* için 0,72 – 3,08 log KOB g⁻¹, *B. cereus* için 0,26 – 0,82 log KOB g⁻¹, *P. expansum* için ise 0,01 – 1,33 log KOB g⁻¹ aralıklarında değiştiği görülmektedir. Kombine yıkama işlemleri karşılaştırıldığında en yüksek mikrobiyal dekontaminasyon etki *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* için sırasıyla 350 W ultrases, 120 ppm PAA konsantrasyonu, %8 NaCl konsantrasyonu; 201 W ultrases, 104 ppm PAA konsantrasyonu, % 10,4 NaCl konsantrasyonu ve 499 W ultrases, 104 ppm PAA konsantrasyonu, %5,6 NaCl konsantrasyonu ile gerçekleşmiştir. Bu işlem koşulları altında *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* için sırasıyla 3,08; 0,82 ve 1,33 log KOB g⁻¹ mikrobiyal düşüş gözlenmiştir.

Ultrases ve farklı sanitasyon ajanları ile yıkama işlemlerinin sinerjik etkilerinin karşılaştırıldığı birçok çalışma literatürde mevcuttur. Konuyla ilgili yapılan bir çalışmada *E. coli* O157:H7, *S. typhimurium* ve *L. monocytogenes* ile inokülasyon yapılmış elma suyunda, fumarik asit (%0,05, 0,1 ve 0,15) ve ultrases (700 W/40 kHz, 5 dk.) ile kombine yıkama işlemlerinin mikrobiyal dekontaminasyon üzerine etkileri incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, *E. coli* O157:H7, *S. typhimurium* ve *L. monocytogenes* mikrobiyal popülasyonlarında sırasıyla 0,80; 0,87 ve 1,05 log KOB mL⁻¹ mikrobiyal düşüş tespit edilmiştir. Yıkama işlemlerinde fumarik asidin tek başına uygulanması ile %0,05, 0,1 ve 0,15 konsantrasyonları için sırasıyla 1,23, 2,42 ve 3,32 log KOB mL⁻¹ mikrobiyal azalma gerçekleşmiştir. Fumarik asit (%0,1) ve ultrases ile kombine yıkama işleminde ise *E. coli* O157:H7 için 3,59 log KOB

mL⁻¹ mikrobiyal düşüş sağlanmıştır. Ultrases işleminin farklı sanitasyon ajanlarıyla kombine kullanımının mikrobiyal dekontaminasyon üzerinde artış sağladığı rapor edilmiştir. Bu durum, daha önce de belirtildiği gibi ultrasesin yaratmış olduğu kavitasyon etki mekanizması ile açıklanmaktadır (Park ve Ha, 2019).

Çizelge 4.8. Ultrases, peroksiasetik asit (PAA) ve sodyum klorür (NaCl) kombine yıkama işlemine ait deneysel tasarım ve bağımlı değişkenlerin analiz sonuçları

Deney no*	Bağımsız değişkenler			Bağımlı değişkenler		
	Ultrases gücü (W)	PAA kons. (ppm)	NaCl kons. (%)	<i>E. coli</i> azalma (log KOB g ⁻¹)	<i>B. cereus</i> azalma (log KOB g ⁻¹)	<i>P. expansum</i> azalma (log KOB g ⁻¹)
1	100	80	8,0	2,27	0,55	0,48
2	350	120	8,0	3,08	0,56	0,96
3	350	80	8,0	2,51	0,68	0,84
4	201	104	10,4	2,98	0,82	0,99
5	201	104	5,6	0,87	0,52	0,23
6	350	80	8,0	2,55	0,65	0,99
7	350	80	8,0	2,22	0,65	0,80
8	499	56	10,4	1,08	0,26	0,55
9	350	80	12,0	2,25	0,63	0,75
10	350	80	8,0	2,33	0,67	1,03
11	499	56	5,6	1,20	0,48	0,67
12	350	80	4,0	0,97	0,61	0,29
13	201	56	10,4	2,65	0,76	0,92
14	350	40	8,0	0,87	0,54	0,82
15	201	56	5,6	0,72	0,39	0,01
16	600	80	8,0	1,53	0,24	0,93
17	499	104	5,6	1,97	0,50	1,33
18	499	104	10,4	2,89	0,28	0,85

*Harmanlanmış sıra

Tez kapsamında ultrases ile kombine yıkama işlemlerinin mikrobiyal yükte azalma sağladığı ve artan PAA ve NaCl konsantrasyonlarının mikrobiyal dekontaminasyon etkisini artırdığı belirlenmiştir. Ultrases, PAA ve NaCl ile tekli ve kombine yıkama işlemlerinin kuru incir mikrobiyotasındaki etkileri incelendiğinde en fazla mikrobiyal düşüşün üçlü kombine yıkama işlemleriyle sağlandığı belirlenmiştir.

Bağımlı değişkenlere (*E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum*) ait model denklemleri RSM ile belirlenmiştir. Model denklemlerinde sadece istatistikî olarak anlamlı ($P<0,05$) bulunan model parametreleri yer almıştır. Her bir bağımlı değişkene ait denklemler bağımsız değişkenler olan ultrases gücü (A), PAA konsantrasyonu (B) ve NaCl konsantrasyonu (C) dikkate alınarak sırasıyla aşağıda verilmiştir:

Model denklemleri: $Y = \beta_0 + \beta_1A + \beta_2B + \beta_3C + \beta_{12}(A \times B) + \beta_{13}(A \times C) + \beta_{23}(B \times C) + \beta_{11}A^2 + \beta_{22}B^2 + \beta_{33}C^2$

$Y(E. coli \text{ azalma}) = 2,40 + 0,4962x(B) + 0,5120x(C) + 0,2625x(A \times B) - 0,4050x(A \times C) - 0,2799x(C^2)$

$Y(B. cereus \text{ azalma}) = 0,6631 - 0,1092x(A) + 0,0193x(B) + 0,0193x(C) - 0,1388x(A \times C) - 0,0971x(A^2) - 0,0423x(B^2)$

$Y(P. expansum \text{ azalma}) = 0,9149 + 0,1469x(A) + 0,1088x(B) + 0,1350x(C) + 0,0838x(A \times B) - 0,2838x(A \times C) - 0,0739x(A^2) - 0,1393x(C^2)$

Çizelge 4.9. Ultrases, peroksiasetik asit (PAA) ve sodyum klorür (NaCl) ile kombine yıkama işlemine ait istatistiksel analiz sonuçları ve model katsayıları

Model parametreleri	Katsayı	<i>E. coli</i> azalma (log KOB g ⁻¹)	<i>B. cereus</i> azalma (log KOB g ⁻¹)	<i>P. expansum</i> azalma (log KOB g ⁻¹)
Kesişim	β_0	2,40***	0,6631***	0,9149***
Doğrusal				
Ultrases gücü (W), A	β_1	-0,0970	-0,1092***	0,1469***
PAA konsantrasyonu (ppm), B	β_2	0,4962***	0,0193*	0,1088**
NaCl konsantrasyonu (%), C	β_3	0,5120***	0,0193*	0,1350**
Etkileşimli				
A x B	β_{12}	0,2625*	-0,0187	0,0838*
A x C	β_{13}	-0,4050**	-0,1388***	-0,2838***
B x C	β_{23}	0,1525	-0,0088	-0,0637
İkinci Derece				
A ²	β_{11}	-0,1773	-0,0971***	-0,0739*
B ²	β_{22}	-0,1508	-0,0423*	-0,0085
C ²	β_{33}	-0,2799*	-0,0176	-0,1393**
R²		0,9345	0,9828	0,9511
Ayarlanmış R²		0,8607	0,9635	0,8961
P-değeri		0,0008	< 0,0001	0,0002
F-değeri		12,67	50,84	17,29
Uyum eksikliği		0,0963	0,0772	0,6116

Önem düzeyleri: *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

Ultrases, PAA ve NaCl kombine yıkama işlemine ait model regresyon katsayıları ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Bağımsız değişkenler olan ultrases, PAA ve NaCl'nin mikrobiyal dekontaminasyon

üzerine etkileri analiz sonuçlarındaki farklı anlamlılık düzeyleri ile belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde her bir bağımlı değişken için modeller istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur ($P < 0,001$). Tüm bağımlı değişkenler için uyum eksikliği değerinin istatistikî açıdan anlamsız olması ($P > 0,05$) ve yüksek F değeri modelin deneysel veriler için uygunluğunu desteklemektedir. Aynı zamanda R^2 ve ayarlanmış R^2 değerleri modelin uygunluğunu göstermektedir.

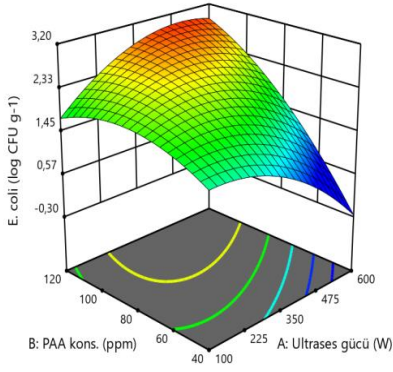
Bağımsız değişkenlerden olan ultrases gücünün *B. cereus* ve *P. expansum* miktarına olan doğrusal etkileri istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur ($P < 0,001$). PAA ve NaCl konsantrasyonlarının *E. coli* ($P < 0,001$), *B. cereus* ($P < 0,05$) ve *P. expansum* ($P < 0,01$) miktarına olan doğrusal etkileri istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur.

Ultrases ve PAA yıkama işleminin etkileşimli etkisi incelendiğinde *E. coli* ve *P. expansum* üzerinde istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur ($P < 0,05$). Bağımsız değişkenlerden olan ultrases ve NaCl'nin etkileşimli etkisi incelendiğinde ise *E. coli* ($P < 0,01$), *B. cereus* ($P < 0,001$) ve *P. expansum* ($P < 0,001$) üzerinde istatistikî olarak anlamlı bulunmuştur.

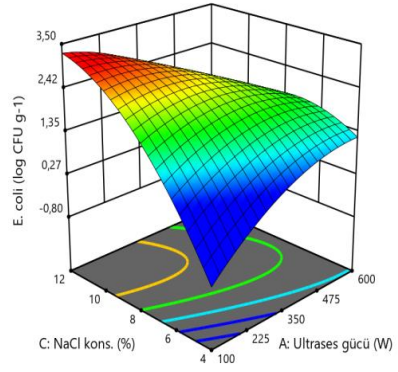
Kuru incirin üçlü kombine yıkama işlemindeki bağımsız değişkenlerin *E. coli* dekontaminasyonuna etkilerinin üç boyutlu grafikleri Şekil 4.4'te gösterilmektedir. Bağımsız değişkenlerden olan PAA ve NaCl konsantrasyonlarının artışı ile *E. coli* mikrobiyal popülasyonunda düşüş veya bir başka deyişle logaritmik düşüşte artış gerçekleşmiştir.

Kuru incir yıkama işlemindeki bağımsız değişkenlerin *B. cereus* dekontaminasyonuna etkilerinin üç boyutlu grafikleri Şekil 4.5'te gösterilmektedir. PAA ve NaCl konsantrasyonlarının artışı ile *B. cereus* mikrobiyal yükündeki düşüşte artış olmaktadır. *B. cereus* mikrobiyotasında 350 W'a kadar uygulanan ultrases gücünün mikrobiyal azalmada artış gösterdiği ancak 350 W üzerinde uygulanan ultrases ile mikrobiyal düşüşte azalma gerçekleştiği belirlenmiştir.

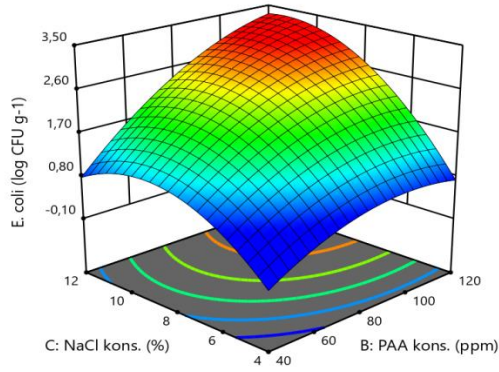
Kuru incirde *P. expansum* dekontaminasyonu üzerine ultrases – PAA – NaCl kombine yıkama işleminin etkilerinin üç boyutlu grafikleri Şekil 4.6'da sunulmuştur. Bağımsız değişkenlerden olan ultrases gücü ve NaCl konsantrasyonundaki artış ile *P. expansum* dekontaminasyonunun arttığı görülmektedir.



(a)

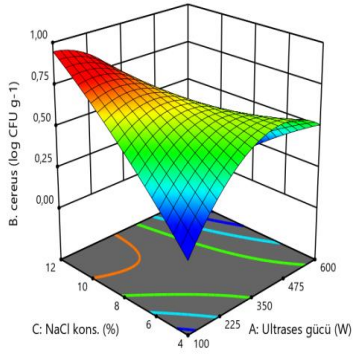


(b)

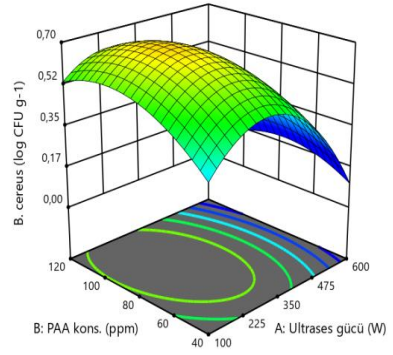


(c)

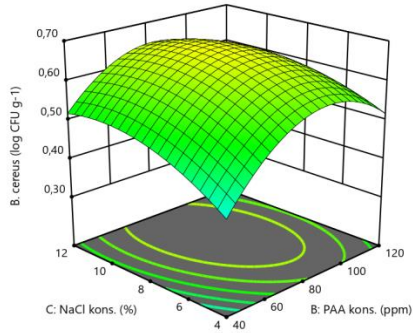
Şekil 4.4. Kuru incirlerde Ultrases – Peroksiasetik asit – NaCl kombine yıkama işleminin *E. coli* mikrobiyal yükündeki etkilerinin üç boyutlu grafikleri



(a)

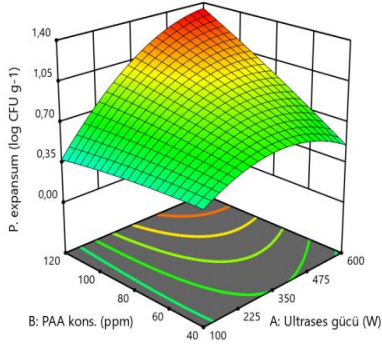


(b)

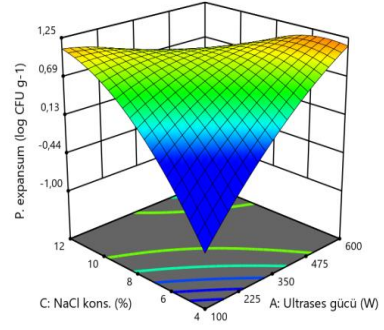


(c)

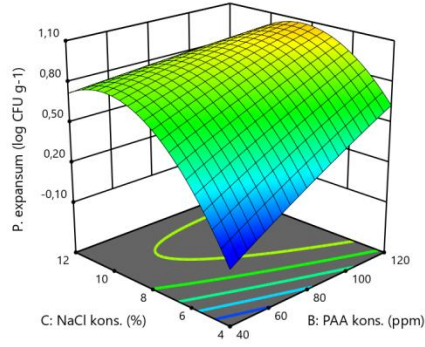
Şekil 4.5. Kuru incirlerde Ultrases – Peroksiasetik asit – NaCl kombine yıkama işleminin *B. cereus* mikrobiyal yükündeki etkisi



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.6. Kuru incirlerde Ultrases – Peroksiasetik asit – NaCl kombine yıkama işleminin *P. expansum* mikrobiyal yükündeki etkisi

4.3. Optimizasyon ve Verifikasyon

Tekli yıkama işlemlerinde en yüksek dekontaminasyon etkiler, ultrasesin en yüksek güçte; PAA ve NaCl'nin de en yüksek konsantrasyonlarda olduğu işlemlerde gerçekleşmiştir. Kombine yıkama işlemlerine ait optimum işlem koşulları, *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* dekontaminasyonlarının en yüksek olmasının hedeflendiği işlem koşulları dikkate alınarak program ile belirlenmiştir. Bu koşullarda, optimum işlem koşulları; 527 W ultrases – 148 ppm PAA konsantrasyonu, 527 W ultrases – %11,0 NaCl konsantrasyonu, 108 ppm PAA konsantrasyonu – %10,6 NaCl konsantrasyonu ve 203 W ultrases – 89 ppm PAA konsantrasyonu – %10,4 NaCl konsantrasyonu olarak belirlenmiştir. Programın belirlediği optimum işlem koşullarını doğrulamak için tekrar deneyler gerçekleştirilerek verifikasyon yapılmıştır. Program çıktıları ve deneysel sonuçlar *t* testi ile karşılaştırılarak sonuçlar arasında farkın istatistikî olarak anlamlı olup olmadığı incelenmiştir. Programın belirlediği optimum işlem koşulları ve bu koşullardaki tahmin edilen değerler ile optimum noktalarda gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen deneysel sonuçlar Çizelge 4.10'da sunulmuştur.

Optimum işlem koşullarında, ultrases ve PAA ile kombine yıkama işleminde *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* mikrobiyal azalma miktarları için programın tahmin ettiği değerler sırasıyla, 3,34; 0,91 ve 0,88 log KOB g⁻¹ olmuştur. Program tahmin değerlerine karşı elde edilen deneysel sonuçlar *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* için sırasıyla 3,35; 0,93 ve 0,90 log KOB g⁻¹ olarak belirlenmiştir. Tahmin edilen sonuçlar ile deneysel veriler arasında istatistikî fark görülmemiştir ($P>0,05$).

Optimum işlem koşullarında, ultrases ve NaCl ile kombine yıkama işleminde *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* için belirlenen mikrobiyal azalma miktarlarının program tahmin değerleri sırasıyla 2,42; 0,69 ve 0,75 log KOB g⁻¹ olarak belirlenmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar ise *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* için sırasıyla 2,41; 0,70 ve 0,73 log KOB g⁻¹ olarak tespit edilmiştir.

Optimum işlem koşullarında, PAA ve NaCl ikili kombine yıkama işlemi ile *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* için programın tahmin ettiği mikrobiyal azalma miktarları sırasıyla, 2,92; 0,67 ve 0,50 log KOB g⁻¹ olarak belirlenmiştir. Mikrobiyal azalma miktarlarının verildiği deneysel sonuçlar ise *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* için sırasıyla 2,90; 0,67 ve 0,54 log KOB g⁻¹ olarak tespit edilmiştir.

Optimum işlem koşullarında, ultrases, PAA ve NaCl üçlü kombine yıkama işlemi ile *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* mikrobiyal azalma miktarları için programın tahmin ettiği değerler sırasıyla 3,08; 0,82 ve 0,96 log KOB g⁻¹ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.10. Yıkama işlemlerine ait optimum işlem koşulları ve deneysel analiz sonuçları

Mikroorganizma	İşlemler	Tahmin edilen sonuç (log KOB g ⁻¹)	Deneysel sonuç (log KOB g ⁻¹)
<i>E. coli</i>	US	-	0,38 ± 0,16 ^a
	PAA	-	3,15 ± 0,37 ^d
	NaCl	-	1,45 ± 0,61 ^b
	US – PAA	3,34	3,35 ± 0,06 ^d
	US – NaCl	2,42	2,41 ± 0,07 ^c
	PAA – NaCl	2,92	2,90 ± 0,06 ^{cd}
	US – PAA – NaCl	3,08	3,09 ± 0,07 ^{cd}
<i>B. cereus</i>	US	-	0,30 ± 0,04 ^a
	PAA	-	0,79 ± 0,10 ^{bc}
	NaCl	-	0,85 ± 0,12 ^{cd}
	US – PAA	0,91	0,93 ± 0,02 ^d
	US – NaCl	0,69	0,70 ± 0,04 ^{bc}
	PAA – NaCl	0,67	0,67 ± 0,02 ^b
	US – PAA – NaCl	0,82	0,82 ± 0,03 ^{bcd}
<i>P. expansum</i>	US	-	0,79 ± 0,32 ^{abc}
	PAA	-	0,97 ± 0,07 ^c
	NaCl	-	0,41 ± 0,17 ^a
	US – PAA	0,88	0,90 ± 0,09 ^{bc}
	US – NaCl	0,75	0,73 ± 0,03 ^{abc}
	PAA – NaCl	0,50	0,54 ± 0,01 ^{ab}
	US – PAA – NaCl	0,96	0,98 ± 0,06 ^c

US: Ultrases işlemi (600 W), PAA: Peroksiasetik asit işlemi (120 ppm); NaCl: Sodyum klorür işlemi (% 12); US – PAA: Ultrases – peroksiasetik asit işlemi (527 W US – 148 ppm PAA); US – NaCl: Ultrases – sodyum klorür işlemi (527 W US – % 11 NaCl); PAA – NaCl: Peroksiasetik asit – sodyum klorür işlemi (108 ppm PAA – % 10,6 NaCl); US – PAA – NaCl: Ultrases – peroksiasetik asit – sodyum klorür işlemi (203 W US – 89 ppm PAA – % 10,4 NaCl).

Optimum işlem koşullarında elde edilen deneysel sonuçlar ise *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* için sırasıyla 3,09; 0,82 ve 0,98 log KOB g⁻¹ olarak belirlenmiştir. Program tahmini değerleri ile deneysel sonuçlar karşılaştırıldığında, veriler arasında istatistikî açıdan farklılık olmadığı görülmüştür ($P>0,05$).

Optimum koşullarda gerçekleştirilen kombine yıkamalar ile en yüksek mikrobiyal dekontaminasyon etkinin *E. coli* mikrobiyotasında gerçekleştiği belirlenmiştir. *E. coli* mikrobiyal popülasyonu için PAA'nın (120 ppm) tek başına kullanıldığı yıkama işleminde, ultrases (600 W) işlemine kıyasla daha yüksek dekontaminasyon etki sağlanırken, ultrases – PAA (148 ppm) ile bu değerlerin bir miktar daha artış gösterdiği fakat aralarında istatistikî olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit

edilmiştir. Ultrases ile daha düşük konsantrasyonda PAA kullanımının (148 ppm), yüksek konsantrasyonda PAA kulanımı (200 ppm) ile benzer dekontaminasyon etki yarattığı görülmüştür. Bu durum ultrasesin kaviteasyon etkisi ile mikrobiyal membranda gözenekler oluşturması ve aynı zamanda hücre içine sanitasyon ajanlarının taşınmasını kolaylaştıran mikrojetlerin oluşumu ile ultrases ve PAA'nın sinerjik etkisinden kaynaklanabilir (Silveira vd., 2018). Ayrıca PAA'nın, sitotoksiste ve hücre atağı mekanizmaları ile hücre ölümlerine yol açarak yüksek dekontaminasyon etki gösterebildiği ifade edilmektedir (Viola vd., 2018).

Ultrases (600 W) ile kıyaslandığında, NaCl (%12) ile tekli yıkamada *E. coli* ve *B. cereus* mikrobiyal popülasyonunda daha fazla azalma gözlenirken, *P. expansum* için dekontaminasyon etkisinin azaldığı anlaşılmıştır. NaCl (%12) ile tekli yıkamaya kıyasla ultrases (527 W) ve NaCl (%11,0) kombine yıkamanın *E. coli* ve *P. expansum* mikrobiyotasında dekontaminasyonu artırırken, *B. cereus* için her iki yıkama ile benzer dekontaminasyon etki gerçekleştiği belirlenmiştir. NaCl (%12) tekli yıkama ile kıyaslandığında, *E. coli* ve *P. expansum* mikrobiyotası için PAA (108 ppm) – NaCl (%10,6) kombine yıkama ile daha yüksek dekontaminasyon etkinin olduğu; ancak bu etkinin PAA (200 ppm) ile tekli yıkamadan daha düşük olduğu belirlenmiştir. *B. cereus* mikrobiyal popülasyonu için PAA ve NaCl'nin tekli kullanıldığı yıkamalara kıyasla kombine kullanımının daha düşük dekontaminasyon etki oluşturduğu tespit edilmiştir.

Tüm mikroorganizmalar karşılaştırıldığında, Ultrases – PAA – NaCl ile üçlü kombine yıkama işleminin en belirgin dekontaminasyon etkisi *P. expansum* mikrobiyotasında gerçekleşmiştir. Üçlü ve ultrases – PAA ikili kombine yıkama işlemleriyle birbirine yakın dekontaminasyon etkilerin olduğu belirlenmiştir. Üçlü kombine yıkamada, ultrases gücünün 527 W'dan 203 W'a ve PAA konsantrasyonunun 148 ppm'den 89 ppm'e düşürülmesi ile yüksek dekontaminasyon etki sağlanmıştır. Böylece hem ultrases gücünden tasarruf edilmiş hem de daha düşük PAA konsantrasyonunda yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylece daha az enerji kullanımı ve daha az kimyasal kullanımı ile benzer dekontaminasyon etki yaratılabileceği yorumu yapılabilir.

Yapılan yıkama işlemleri kıyaslandığında mikrobiyal düşüşlerde, spor formların (*B. cereus* ve *P. expansum*), vejetatif formlara (*E. coli*) göre daha fazla dirençli olduğu saptanmıştır. Bu durum sporların protoplazmasının kalın bir korteks, çok katmanlı spor tabaka ve eksosporangium tarafından korunması, vejetatif hücrelerin

protoplazmasının ise sadece bir hücre duvarı tarafından korunması ile açıklanabilir (Akbas ve Ozdemir, 2008).

4.4. Ultrases, Peroksiasetik Asit (PAA) ve Sodyum Klorür (NaCl) Yıkama İşlemlerinin Kuru İncirin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Etkileri

Kuru incirde mikrobiyal dekontaminasyon etkinin belirlenmesinde ultrases, PAA ve NaCl ile tekli ve kombine yıkama işlemleri uygulanmış ve elde edilen sonuçlar baz alınarak optimum işlem koşulları belirlenmiştir. Belirlenen optimum işlem koşullarında kuru incirlerde yıkama işlemleri uygulanmış ve kurutma işlemi sonrasında fiziksel ve kimyasal analizlere geçilmiştir. Toplam yedi farklı yıkama ve ardından kurutma işlemleri sonucunda kuru incirin toplam kuru madde, su aktivitesi, pH, toplam asitlik, sertlik ve yapışkanlık analiz sonuçları Çizelge 4.11’de sunulmuştur.

Yıkama işlemlerinden sonra kurutmaya (65 °C, 120 dk.) tabi tutulmuş kuru incirlerde toplam kuru madde değeri %78,74 ile 79,88 aralığında olmuştur. Literatür incelendiğinde, farklı ticari kuru incirlerin toplam kuru madde değerlerinin %86,43 (Piga vd., 2004), %82,7 (Kamiloğlu ve Çobanoğlu, 2015), %74,4 (Hoxha ve Kongoli, 2016) ve %77,78 (Villalobos vd., 2019) olduğu rapor edilmiştir. Türk Standardları Enstitüsü “Kuru İncir” standardına göre ise kuru incirde nem içeriğinin %26’dan yüksek olmaması gerektiği belirtilmektedir (Anonim, 2002). Yıkama işlemlerinden sonra kurutma işlemi sayesinde yıkama uygulanmamış incirin (Kontrol) kuru maddesine benzer sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 4.11).

Kuru incirin su aktivitesi değerlerinin 0,67 – 0,69 aralığında olduğu ve işlemler ile kontrol arasında önemli farklılıkların olmadığı görülmektedir. Piga vd. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada işlem görmemiş kuru incirin su aktivitesi değeri 0,61; pH değeri 4,94 ve toplam asitlik değeri %0,48 olarak tespit edilmiştir. Villalobos vd. (2019), kuru incirin su aktivitesi değerini 0,71 – 0,79 aralığında belirlemiştir.

Kontrol grubu ve yıkama işlemi uygulanmış kuru incirlerde pH değerlerinin 4,83 – 5,29 aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Gruplar arasında tekli yıkamalardan PAA (120 ppm) ile; ikili kombine yıkamalardan PAA (108 ppm) ve NaCl (%10,6) ile ve ultrases (203 W), PAA (89 ppm) ve NaCl (%10,4) üçlü

kombine yıkama işlemi ile en yüksek pH değerlerine ulaşılmıştır. Bu yıkama işlemlerine ait ortalama pH değerleri sırasıyla, 5,21; 5,29 ve 5,28 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre PAA ile kombine uygulanan yıkama işlemlerinin kuru incirde pH değerini artırıcı etki gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada, taze kesilmiş havuçlarda mikrobiyal dekontaminasyon için uygulanan PAA yıkama işlemiyle pH değerlerinde azalma gözlenmiştir. Bu durumun PAA çözeltisinin sahip olduğu asidik pH değerinden kaynaklandığı rapor edilmiştir (Vandekinderen vd., 2019). Başka bir çalışmada, *Calabacita (Calb)* ve *Cuello Dama Blanco (CDB)* olmak üzere iki çeşit kuru incire ultrases yıkama (60 W/40 kHz, 30 dk.) işlemi uygulanmış ve pH değerlerindeki değişimler incelenmiştir. *Calb* çeşidi kuru incir için pH değeri ultrases yıkama ile 5,71'ten 6,55'e yükselirken; *CDB* çeşidi kuru incir için pH değeri 5,42'den 4,22'ye düşmüştür (Villalobos vd., 2019). Buradan hareketle pH değerindeki değişimin meyve çeşidine bağlı olabileceği yorumu yapılabilir.

Kuru incirde baskın asidin sitrik asit olduğu ifade edilmiştir (Çalışkan ve Polat, 2008; Çatmadım, 2014; Hoxha ve Kongoli, 2016). Bu nedenle kuru incirde toplam asitlik değerleri % sitrik asit eşdeğeri olarak ifade edilmiştir. Kontrol grubu ve yıkama işlemleri uygulanmış kuru incirlerde toplam asitlik değerleri %0,27 – 0,39 aralığında olmuştur. Ultrases (600 W) tekli yıkama ile ultrases (527 W) ve PAA (148 ppm) kombine yıkama işleminde en düşük toplam asitlik değerleri (%0,27) elde edilmiştir. En yüksek toplam asitlik değeri (%0,39) %12 NaCl ile tekli yıkama işleminde gözlenmiştir.

Bu durum, NaCl'nin kuru incirde gösterdiği dehidrasyon etkisi ile daha konsantre bir yapı oluşması ve böylece toplam asitlik değerinde artışa neden olmasından kaynaklanabilir (Rahdari vd., 2012; Nguyen vd., 2019). Hoxha ve Kongoli (2016) tarafından yapılan bir çalışmada taze incir meyvesindeki sitrik asit cinsinden titrasyon asitliğinin %0,38 – %0,62 arasında değişim gösterdiği ve kurutma işlemi sonrasında kuru incirlerde %0,64 – %1,024 değerlerine yükseldiği rapor edilmiştir.

Çizelge 4.11. Kuru incirde toplam kuru madde, su aktivitesi, pH, toplam asitlik, sertlik ve yapışkanlık değerleri

Örnek kodu*	Toplam kuru madde (%)	Su aktivitesi (a _w)	pH	Toplam asitlik (% sitrik asit)	Sertlik (N)	Yapışkanlık (N)
Kontrol	78,97±0,22 ^{ab}	0,69±0,01 ^c	4,94±0,05 ^a	0,31±0,02 ^b	3,00±0,23 ^c	-0,03±0,01 ^{ab}
US	79,48±0,21 ^{abc}	0,69±0,00 ^c	4,89±0,03 ^a	0,27±0,02 ^a	3,74±0,51 ^e	-0,03±0,01 ^a
PAA	79,12±0,48 ^{abc}	0,67±0,01 ^a	5,21±0,06 ^b	0,36±0,02 ^c	3,43±0,62 ^{de}	0,00±0,00 ^c
NaCl	78,74±0,32 ^a	0,68±0,00 ^{ab}	4,89±0,06 ^a	0,39±0,02 ^d	2,47±0,65 ^b	-0,02±0,02 ^{ab}
US – PAA	78,78±0,44 ^{ab}	0,68±0,00 ^b	4,83±0,03 ^a	0,27±0,02 ^a	3,18±0,48 ^{cd}	0,00±0,00 ^c
US – NaCl	78,89±0,69 ^{ab}	0,68±0,00 ^{ab}	4,84±0,02 ^a	0,33±0,02 ^b	2,25±0,59 ^b	-0,03±0,03 ^{ab}
PAA – NaCl	79,88±0,69 ^c	0,67±0,00 ^{ab}	5,29±0,14 ^b	0,30±0,02 ^{ab}	1,49±0,22 ^a	-0,02±0,01 ^{abc}
US – PAA – NaCl	79,68±0,47 ^{bc}	0,69±0,00 ^c	5,28±0,07 ^b	0,33±0,00 ^b	1,49±0,20 ^a	-0,01±0,01 ^{bc}

*Kontrol: Herhangi bir yıkama işlemi uygulanmamış numuneler; US: Ultrases işlemi (600 W), PAA: Peroksiasetik asit işlemi (120 ppm); NaCl: Sodyum klorür işlemi (%12); US – PAA: Ultrases – peroksiasetik asit işlemi (527 W US – 148 ppm PAA); US – NaCl: Ultrases – sodyum klorür işlemi (527 W US – %11 NaCl); PAA – NaCl: Peroksiasetik asit – sodyum klorür işlemi (108 ppm PAA – %10,6 NaCl); US – PAA – NaCl: Ultrases – peroksiasetik asit – sodyum klorür işlemi (203 W US – 89 ppm PAA – %10,4 NaCl).

Aynı sütunda üst indis olarak gösterilen aynı harflere (a, b, c) sahip ortalamalar arasında istatistikî açıdan fark bulunmamaktadır.

İşlem görmemiş kuru incirin (Kontrol) ortalama sertlik değeri 3,0 N olarak belirlenmiştir. Kuru incirde yapılan yıkama işlemleri sonucunda sertlik değerlerinin 1,49 ile 3,74 N aralığında olduğu bulgulanmıştır. Ultrases (600 W) yıkama işlemiyle en yüksek sertlik değerine (3,74 N) ulaşılrken, PAA (108 ppm) ve NaCl (%10,6) ile kombine yıkama işlemi ve üçlü kombine yıkama işlemlerinde en düşük sertlik değeri (1,49 N) belirlenmiştir. Cao vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, ultrases yıkamanın çilek meyvesinin sertlik değerine etkisi incelenmiştir. Ultrasesin (40 kHz) çilek numunelerinin sertlik değerini yıkanmamış (kontrol) olanlara kıyasla %17,5 artırdığı rapor edilmiştir. Pektin metilesterazın (PME) meyve ve sebze ürünlerinin dokusal özelliklerini önemli ölçüde etkilediği bilinmektedir (Demirbüker vd., 2004). Kuru incirde sertlik değerinin ultrases ile artış göstermesi inhibe edilmiş PME aktivitesi ile ilişkilendirilebilir. Sanitasyon ajanı olarak klordioksitin kullanıldığı bir çalışmada, klor bazlı sanitasyon ajanlarının çilek numunelerinin sertlik değerini düşürdüğü ve dokuda yumuşamaya neden olduğu rapor edilmiştir (de São José ve Vanetti, 2015). Mevcut çalışmada da, NaCl'nin kuru incirde sertlik değerini düşürdüğü tespit edilmiştir. Yıkama işlemlerinin kuru incirin yapışkanlık değerleri üzerine önemli bir etki oluşturmadığı; üstelik PAA ile yıkama işleminde yapışkanlık değerinin tespit edilemediği sonucuna ulaşılmıştır (Çizelge 4.11).

Toplam yedi farklı yıkama ve ardından kurutma işlemi uygulanmış kuru incirlerin renk değerleri Çizelge 4.12'de sunulmuştur. Kuru incirlerde renk değerlerinin L*, a* ve b* için sırasıyla 52,1 – 61,5; 8,2 – 11,9 ve 29,6 – 33,5 aralıklarında değiştiği gözlenmiştir. Tez kapsamında ölçülen L* değerleri incelendiğinde, NaCl ile tekli yıkama işleminin kontrol ile benzer değere sahip olduğu ($P<0,05$); aynı zamanda diğer yıkama işlemlerine kıyasla en düşük değere (52,1) sahip olduğu belirlenmiştir. NaCl ve PAA ile kombine yıkama işleminde ise en yüksek değere (61,5) ulaşılmıştır. Bu durum PAA'nın ağartıcı etkisinden kaynaklanabilir (Sharma vd., 2020). Ölçülen a* değerleri incelendiğinde, NaCl ile tekli yıkama işleminin kontrol ile benzerlik gösterdiği ve en yüksek a* değerine (11,9) sahip olduğu belirlenmiştir. Yıkama işlemlerinin ardından b* değerlerinin hem birbirine (29,6 – 33,5) hem de kontrole (30,4) yakın olduğu anlaşılmıştır. C° ve Hue değerleri incelendiğinde, NaCl ile tekli yıkama işlemi sonunda en yüksek C° ve en düşük Hue değerleri tespit edilmiştir.

Çizelge 4.12. Kuru incirde renk değerleri

Örnek kodu*	L*	a*	b*	C°	Hue	ΔE
Kontrol	52,2±5,6 ^a	10,5±3,3 ^d	30,4±4,4 ^a	30,9±3,1 ^a	74,5±2,2 ^c	-
US	54,9±3,3 ^b	9,7±2,2 ^{cd}	33,4±2,9 ^b	33,4±2,5 ^{abc}	73,9±1,6 ^c	7,6±3,7 ^{ab}
PAA	59,1±4,5 ^c	8,7±2,8 ^{abc}	31,3±4,4 ^a	34,2±4,9 ^{bc}	74,6±3,4 ^c	8,6±4,4 ^{ab}
NaCl	52,1±3,5 ^a	11,9±1,6 ^e	31,1±3,2 ^a	35,4±2,3 ^c	68,0±2,7 ^a	5,8±1,6 ^a
US – PAA	55,3±5,1 ^b	9,6±1,9 ^{bcd}	29,6±3,9 ^a	32,6±4,4 ^{ab}	70,9±2,2 ^b	9,5±3,9 ^b
US – NaCl	57,6±4,7 ^c	9,6±2,6 ^{bcd}	33,5±3,9 ^b	36,1±3,5 ^c	74,2±3,2 ^c	7,9±3,4 ^{ab}
PAA – NaCl	61,5±4,2 ^d	8,2±2,4 ^a	33,2±3,5 ^b	34,5±4,3 ^{bc}	76,6±2,7 ^d	7,3±2,5 ^{ab}
US – PAA – NaCl	57,1±4,9 ^{bc}	8,4±1,8 ^{ab}	30,6±3,1 ^a	31,9±2,9 ^{ab}	74,6±2,8 ^c	7,3±2,5 ^{ab}

*Kontrol: Herhangi bir yıkama işlemi uygulanmamış numuneler; US: Ultrases işlemi (600 W), PAA: Peroksiasetik asit işlemi (120 ppm); NaCl: Sodyum klorür işlemi (%12); US – PAA: Ultrases – peroksiasetik asit işlemi (527 W US – 148 ppm PAA); US – NaCl: Ultrases – sodyum klorür işlemi (527 W US – % 11 NaCl); PAA – NaCl: Peroksiasetik asit – sodyum klorür işlemi (108 ppm PAA – % 10,6 NaCl); US – PAA – NaCl: Ultrases – peroksiasetik asit – sodyum klorür işlemi (203 W US – 89 ppm PAA – % 10,4 NaCl).

Aynı sütunda üst indis olarak gösterilen aynı harflere (a, b, c) sahip ortalamalar arasında istatistikî açıdan fark bulunmamaktadır.

C° değerinin NaCl ile ikili kombinasyonların yer aldığı yıkama işlemlerinde de yükseldiği; ancak üçlü yıkama kombinasyonunda kontrole en yakın değerin elde edildiği görülmüştür. Yıkama işlemlerinin ardından renk değişiminin kolorimetrik göstergesi olan ΔE değerleri incelendiğinde, önemli farklılıkların olmadığı; ΔE değerlerinin de 5,8 ve 9,5 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca, NaCl ile yıkama işleminin en az renk farkına (ΔE) neden olduğu görülmektedir.

Farklı kuru incir genotiplerinde renk değerlerinin incelendiği bir çalışmada; L* değerinin 16,65 – 86,53, C° değerinin 1,78 – 65,18 ve Hue değerinin ise 1,03 – 359,08 aralıklarında değiştiği rapor edilmiştir (Hssaini vd., 2019). Bir başka çalışmada ise Sarılop çeşidi kuru incirde L*, a*, b* ve Hue değerlerinin sırasıyla 64,74; 5,77; 27,53; 78,32 olduğu belirlenmiştir (Artık, 2007). Bu çalışmada elde edilen renk değerlerinin tez kapsamında belirlenen değerler ile uyumlu olduğu da anlaşılmaktadır. de São José ve Vanetti (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, su teresi numunelerinde ultrases ve sanitasyon ajanları ile tekli ve kombine yıkama işlemlerinin toplam renk farkı (ΔE) değerine etkileri incelenmiştir. Tekli yıkamalara kıyasla, ultrases ve sanitasyon ajanlarının birlikte kullanımı ile örneklerin ΔE değerinde artış olduğu rapor edilmiştir. Bu durum oksitleyici özelliklere sahip dezenfektan kullanımının bitkinin renk özelliklerindeki olumsuz etkileri ile açıklanabilir.

Mikrobiyal dekontaminasyonun en yüksek olduğu tekli yıkama işlemleri ile optimum kombine yıkama işlemlerinde gerçekleştirilen yıkama ve kurutmanın ardından toplam fenolik madde, antioksidan kapasite (DPPH ve ABTS metotları ile) ve HPLC ile karbonhidrat analizleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.13'te sunulmuştur.

Yıkama işlemine tabi tutulmayan (Kontrol) kuru incirlerin ortalama toplam fenolik madde içeriği 186,5 mg GAE 100 g⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Kuru incirin toplam fenolik madde miktarı 81,77 – 212,36 mg GAE 100 g⁻¹ (Nakilcioğlu ve Hişil, 2013), 142,74 mg GAE 100 g⁻¹ (Hssaini vd., 2019), 193 mg GAE 100 g⁻¹ (Kamiloğlu ve Çapanoğlu, 2015), 109 µg GAE 100 g⁻¹ (Soni vd., 2014), 139,70 mg kg⁻¹ (Kelebek vd., 2018), 244,9 mg GAE 100 g⁻¹ (Kamiloğlu, 2012) olarak farklı çalışmalarda rapor edilmiştir. Kuru incirin toplam fenolik madde miktarına yıkama işlemlerinin etkileri incelendiğinde, ultrases (600 W) ile tekli ve ultrases (527 W) – PAA (148 ppm) ile kombine yıkama işleminde birbirine yakın ve kontrole kıyasla daha düşük değerler belirlenmiştir. Kontrole en yakın sonuçlar PAA (120 ppm) ile tekli ve US

(527 W) – NaCl (%11,0) ile kombine yıkama işleminde belirlenmiş ve sonuçlar arasında istatistikî farklılık gözlenmemiştir.

Kontrol ve tüm yıkama işlemleri karşılaştırıldığında, en yüksek toplam fenolik madde miktarı PAA – NaCl ve US – PAA – NaCl ile kombine yıkama işlemleriyle elde edilmiştir. Bu durum, üçlü kombine yıkamada kullanılan ultrases gücünün düşük olması ve PAA – NaCl kombine uygulaması ile toplam fenolik madde miktarında farklılık oluşturmadığı şeklinde yorumlanabilir. Çok frekanslı ultrases yıkama işleminin lahananın kalite özelliklerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, yıkanmamış (kontrol) numune için toplam fenolik madde miktarı 41.50 mg GAE g⁻¹ olarak belirlenmiştir. Farklı frekanslarda uygulanan ultrases yıkama işlemleri sonrasında toplam fenolik madde miktarının 30 mg GAE g⁻¹ değerinin altına düştüğü rapor edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarındaki bu azalma fenolik bileşiklerin sonikasyon işlemiyle degrade olması ile açıklanmıştır (Alenyorege vd., 2018). Cengiz vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, domateslere ultrases (24 kHz; 10 dk.) ile yıkama işlemi uygulanmış ve yıkama uygulanmamış (kontrol) örnek için 414,7 mg kg⁻¹ olan toplam fenolik madde miktarının yıkama sonrasında 377,7 mg kg⁻¹'a düştüğü rapor edilmiştir. Aynı zamanda, ultrases dalgalarının kuru incirin morfolojik yapısında mikro kanallar oluşturması ile fenolik maddelerin yıkama çözeltisine geçmesiyle kayıpların oluşabileceği yorumu yapılabilir (Yılmaz ve Ersus Bilek, 2018).

Kuru incirin antioksidan kapasite değerleri incelendiğinde, kontrol için DPPH antioksidan kapasite değeri 83,6 µmol TE 100 g⁻¹ olarak belirlenmiştir. Kuru incirin DPPH ile antioksidan kapasite değerleri 180,74 µmol TE 100 g⁻¹ (Hssaini vd., 2019), 44 mg TE 100 g⁻¹ (Chang vd., 2016), 47 mg TE 100 g⁻¹ (Kamiloğlu ve Çapanoğlu, 2015), 3,21 mM TE 100 g⁻¹ (Kelebek vd., 2018) olarak literatürde belirtilmiştir. Ultrases ve NaCl ile tekli yıkama ve NaCl'nin ikili kombine yıkama işlemleriyle kontrole yakın değerler elde edilmiş ve aralarında istatistikî olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Kontrole kıyasla PAA ile tekli yıkama ve ultrases – PAA ile kombine yıkama işleminde en düşük DPPH antioksidan kapasite değerleri gözlenmiştir. Ultrases ile yıkamanın domates örneklerinin DPPH antioksidan kapasite değerlerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, yıkama işleminden sonra % inhibisyon değerlerinin kontrole kıyasla %16 – 42 aralığında yükseldiği rapor edilmiştir (Alenyorege vd., 2019). Mevcut tez çalışmasında, ultrasesin serbest radikal oluşumuna neden olmadığı ya da olmuş ise de bu durumun antioksidan kapasite değerine yansımadağı yorumu yapılabilir.

Kuru incirin ABTS antioksidan kapasite deęerleri incelendięinde, kontrol numunesine ait deęer 734,0 $\mu\text{mol TE } 100 \text{ g}^{-1}$ olarak tespit edilmiřtir. Literatürde, kuru incirin ABTS antioksidan kapasite deęerleri 309 – 886 mol askorbik asit eřdeęer 100 g^{-1} (Hoxha vd., 2015), 222 mg TE 100 g^{-1} (Kamiloęlu ve apanoęlu, 2015), 163 mg TE 100 g^{-1} (Chang vd., 2016) olarak rapor edilmiřtir. Ultrases ile tekli ve ultrases – NaCl ile yapılan kombine yıkama iřlemleriyle en dūřuk ABTS antioksidan kapasite deęerleri elde edilmiř ve bu deęerlerin kontrole yakın olduęu tespit edilmiřtir. Kontrol ve tūm yıkama iřlemleri karřılařtırıldıęında, en yūksok ABTS antioksidan kapasite deęerleri, PAA (120 ppm) ile tekli ve PAA (108 ppm) – NaCl (%10,6) ile kombine yıkama iřlemleriyle tespit edilmiřtir.

Kuru incir numunelerinde HPLC ile karbonhidrat analizi gerçekleřtirilmiř ve kromatogram üzerinde sakaroz, glikoz ve frūktozun alikonma sūreleri sırasıyla 10,4; 12,5 ve 20,3 dk. olarak belirlenmiřtir. Kontrol numunesinin ortalama sakaroz, glikoz ve frūktoz içerikleri sırasıyla 1,7; 23,3 ve 20,3 g 100 g^{-1} olarak bulgulanmıřtır.

Farklı çeřit kuru incir numunelerinin dūřuk molekūler aęırlıklı karbonhidrat miktarlarının incelendięi bir çalıřmada, kuru incirde sakaroz, glikoz ve frūktoz içeriklerinin sırasıyla 0,12 – 0,30; 8,07 – 11,77 ve 8,14 – 12,55 g 100 g^{-1} aralıklarında deęiřtięi rapor edilmiřtir. Sōz konusu çalıřmada kuru incir için frūktozun hākim řeker olduęu rapor edilmiř ve frūktozdan sonra en fazla bulunan řekerin glikoz olduęu, az miktarda da olsa sakarozun bulunduęu belirtilmiřtir (alıřkan ve Polat, 2012). Taze ve kuru incirlerin řeker kompozisyonlarının karřılařtırıldıęı bir çalıřmada (atmadım, 2014) taze incirlerin sakaroz, glikoz ve frūktoz içerikleri sırasıyla %0,3; %5,2 ve %4,1 iken kuru incirlerde sakaroz, glikoz ve frūktoz içerikleri sırasıyla %1,6; %28,6 ve %22,7 olarak belirlenmiřtir. Bir ōnceki çalıřmanın aksine kuru incirde hākim řekerin glikoz olduęu rapor edilmiřtir. Çalıřmamızda elde edilen verilerin, yapılan ōnceki çalıřmalar ile benzerlik gōsterdięi, glikoz ve frūktozun birbirine yakın deęerlerde ve aynı zamanda sakarozla kıyasla daha baskın oldukları saptanmıřtır (Slatnar vd. 2011; Kelebek vd., 2018). PAA (120 ppm) ile tekli yıkamada kuru incirin ortalama sakaroz, glikoz ve frūktoz miktarları sırasıyla 0,6; 20,7 ve 17,6 g 100 g^{-1} olarak belirlenmiř ve elde edilen deęerlerin kontrole kıyasla en dūřuk deęerler olduęu gōrūlmūřtir.

Tūm yıkama iřlemlerinin kuru incirin sakaroz içerięinde dūřuře neden olduęu tespit edilmiřtir. Mevcut tez çalıřmasında olduęu gibi, kuru incirlerin toplam karbonhidrat

içeriğinde sakaroz miktarının oldukça düşük oranda olduğu görülmektedir (Slatnar vd., 2011; Çalışkan ve Polat, 2012; Çatmadım, 2014). PAA – NaCl kombine yıkama ile en yüksek glikoz miktarı tespit edilmiş ve bu miktarın kontrolden de yüksek olduğu anlaşılmıştır. Kontrol ve PAA – NaCl kombine yıkama ile kuru incirde en yüksek früktoz değerleri elde edilmiş ve aralarında istatistikî olarak anlamlı farklılık görülmemiştir. PAA – NaCl ile kombine yıkama işleminin kuru incirin glikoz ve früktoz miktarlarında artışa neden olduğu ve kontrol ile yakın değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum NaCl'nin neden olduğu ozmotik dehidrasyon ile meyve dokusunda oluşturduğu stres ile açıklanabilir (Rahdari vd., 2012). Ayrıca, toplam kuru madde miktarındaki artışın da karbonhidrat kompozisyonunu oransal olarak etkilediği düşünülmektedir.

Çizelge 4.13. Kuru incirde toplam fenolik madde, antioksidan kapasite (DPPH, ABTS) ve karbonhidrat analiz sonuçları

Örnek kodu*	Toplam fenolik madde (mg GAE 100 g ⁻¹)	DPPH (µmol TE 100 g ⁻¹)	ABTS (µmol TE 100 g ⁻¹)	Sakaroz (g 100 g ⁻¹)	Glikoz (g 100 g ⁻¹)	Früktöz (g 100 g ⁻¹)
Kontrol	186,5±14,5 ^{ab}	83,6±5,4 ^a	734,0±14,4 ^{ab}	1,7±0,3 ^d	23,3±0,6 ^{cd}	20,3±0,6 ^e
US	176,6±6,4 ^a	73,2±2,9 ^a	712,5±33,3 ^a	0,8±0,1 ^{ab}	23,6±0,3 ^d	19,4±0,4 ^d
PAA	188,2±14,8 ^{ab}	116,1±17,9 ^c	973,6±15,7 ^d	0,6±0,0 ^a	20,7±0,1 ^a	17,6±0,1 ^a
NaCl	195,8±20,2 ^{bc}	77,6±3,9 ^a	771,1±90,1 ^b	0,8±0,0 ^{ab}	23,4±0,0 ^{cd}	18,4±0,0 ^b
US – PAA	175,9±5,3 ^a	127,1±8,1 ^c	926,1±22,1 ^c	0,8±0,0 ^{ab}	22,0±0,1 ^b	19,2±0,1 ^{cd}
US – NaCl	186,4±8,6 ^{ab}	81,9±7,5 ^a	707,0±31,0 ^a	0,9±0,0 ^{bc}	22,8±0,1 ^c	18,6±0,1 ^{bc}
PAA – NaCl	205,8±3,2 ^c	75,9±6,7 ^a	996,5±37,5 ^d	0,9±0,0 ^{ab}	24,2±0,0 ^e	20,4±0,2 ^e
US – PAA – NaCl	206,1±10,1 ^c	101,2±2,7 ^b	927,7±30,6 ^c	1,1±0,0 ^c	22,9±0,0 ^c	18,3±0,0 ^b

*Kontrol: Herhangi bir yıkama işlemi uygulanmamış numuneler; US: Ultrases işlemi (600 W), PAA: Peroksiasetik asit işlemi (120 ppm); NaCl: Sodyum klorür işlemi (%12); US – PAA: Ultrases – peroksiasetik asit işlemi (527 W US – 148 ppm PAA); US – NaCl: Ultrases – sodyum klorür işlemi (527 W US – %11 NaCl); PAA – NaCl: Peroksiasetik asit – sodyum klorür işlemi (108 ppm PAA – %10,6 NaCl); US – PAA – NaCl: Ultrases – peroksiasetik asit – sodyum klorür işlemi (203 W US – 89 ppm PAA – %10,4 NaCl).

Aynı sütunda üst indis olarak gösterilen aynı harflere (a, b, c) sahip ortalamalar arasında istatistikî açıdan fark bulunmamaktadır.

5. SONUÇ

Kuru incir üretiminde çeşitli risk faktörlerinin bulunması, kuru incirin kalitesini dolayısıyla ticaretini olumsuz etkilemektedir. Kaliteli son ürün elde edilebilmesi açısından bu risk faktörlerinin yok edilmesi gerekmektedir. Kuru incirde hasat öncesi ve sonrasında mikrobiyal kontaminasyon oluşma riski oldukça yüksektir. Kuru incirde mikrobiyal kontaminasyonun önlenmesi amacıyla uygulanan ve geleneksel bir yöntem olan sodyum klorür ile yıkama işleminin mikrobiyal düşüşte yetersiz kalması alternatif yıkama yöntemlerinin geliştirilmesine olanak tanımıştır. Bu çalışma kapsamında kuru incirde sodyum klorür ile yıkama işlemine alternatif olarak ultrases ve peroksiasetik asit yıkama işlemleri tekli ve kombine olarak uygulanmıştır. Yıkama işlemlerinin etkinliğinin belirlenmesi için kuru incirde varlığı önceki çalışmalarla tespit edilmiş *E. coli*, *B. cereus* ve *P. expansum* ile kuru incire spot inokülasyon gerçekleştirilmiş ve ardından yıkama işlemleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, kuru incirde ultrases (527 W) ve peroksiasetik asit (148 ppm) ile kombine yıkama işleminin en yüksek mikrobiyal dekontaminasyon etki gösterdiği belirlenmiştir. Aynı zamanda, ultrasesin daha düşük güçlerde uygulandığı ve ayrıca düşük konsantrasyonda kimyasal kullanımı ile üç faktörlü yıkamanın da önemli dekontaminasyon etki sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Yanıt yüzey metodu (RSM) ile optimum noktalarda yapılan yıkama işlemleri ve ardından yapılan kurutma işlemi sonrasında fiziksel ve kimyasal analizler yapılmış ve yıkama işlemlerinin dekontaminasyon etkilerinin haricinde ürün fiziko-kimyasal ve biyoaktif özelliklerine etkileri de test edilmiştir. Ultrases (527 W) ve peroksiasetik asit (148 ppm) ile kombine yıkama işleminde *E. coli* için 3,35; *B. cereus* için 0,93; *P. expansum* için ise 0,90 log KOB g⁻¹ mikrobiyal azalma gözlenmiştir. Ultrases (203 W), peroksiasetik asit (89 ppm) ve NaCl (%10,4) üçlü yıkama işlemi ile *E. coli* için 3,09; *B. cereus* için 0,82; *P. expansum* için ise 0,98 log KOB g⁻¹ mikrobiyal azalma gözlenmiştir. Sonuç olarak, tekli ve kombine yıkama işlemlerinin kuru incirde mikrobiyal düşüş sağlarken fizikokimyasal özellikler üzerinde önemli bir etki oluşturmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca ultrases teknolojisinin çevreye, gıdaya ve insana zararlı bir etki oluşturmadığı için gıda dekontaminasyonunda kullanılması tavsiye edilmektedir. Gelişmekte olan teknoloji de göz önüne alınarak kuru incirde kalitenin istenen seviyelerde olması için ileri çalışmaların da yürütülmesi gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

KAYNAKÇA

- Akbal, N., Vural, A. 2018. Kurutulmuş meyve örneklerinde mikrobiyolojik kalite özelliklerinin araştırılması. **Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, 11(2): 93-97.
- Akbas, M. Y., Ozdemir, M. 2008. Application of gaseous ozone to control populations of *Escherichia coli*, *Bacillus cereus* and *Bacillus cereus* spores in dried figs. **Food microbiology**, 25(2): 386-391.
- Alenyorege, E. A., Ma, H., Ayim, I., Aheto, J. H., Hong, C., Zhou, C. 2019. Effect of multi-frequency multi-mode ultrasound washing treatments on physicochemical, antioxidant potential and microbial quality of tomato. **Journal of Food Measurement and Characterization**, 13(1): 677-686.
- Alenyorege, E. A., Ma, H., Ayim, I., Zhou, C., Wu, P., Hong, C., Osa, R. 2018. Effect of multi-frequency ultrasound surface washing treatments on *Escherichia coli* inactivation and some quality characteristics of non-heading Chinese cabbage. **Journal of Food Processing and Preservation**, 42(10), e13747.
- Anonim, 2002. TS 541 kuru incir standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 16 s.
- Anonim, 2013. https://arastirma.tarimorman.gov.tr/incir/Belgeler/arastirma%20projeleri/G%C4%B1da%20Teknolojileri/elektroaktif_sonuc_ramazan_konak.pdf Son Erişim Tarihi:10.06.2019
- Anonim, 2018a. https://arastirma.tarimorman.gov.tr/incir/Belgeler/arastirma%20projeleri/Tar%C4%B1m%20Ekonomisi/brin_sahin_aflatoxin_liflet.pdf Son Erişim Tarihi:10.09.2019.
- Anonim, 2018b. https://arastirma.tarimorman.gov.tr/incir/Belgeler/arastirma%20projeleri/G%C4%B1da%20Teknolojileri/elektroaktif_sonuc_ramazan_konak_liflet.pdf Son Erişim Tarihi:10.09.2019.

- Anonim, 2018c. http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kurutulmu%C5%9F%20Meyve%20%C3%87e%C5%9Fitleri%20%C3%9Cretimi.pdf Son Erişim Tarihi:10.09.2019.
- Anonim, 2019a. <http://www.archaeologs.com/> Son Erişim Tarihi: 07.01.2020.
- Anonim, 2019b. Aydın Ticaret Borsası, İncir Sektör Raporu. <https://aydinticaretborsasi.org.tr/yonetim/pdf/18102019143157%C3%BC.pdf> Son Erişim Tarihi: 12.01.2020.
- Anonim, 2020a. <http://www.buharkent.gov.tr/incir-tarihcesi> Son Erişim Tarihi: 07.01.2020.
- Anonim, 2020b. <https://ticaret.gov.tr/data/5d41e59913b87639ac9e02e8/7a8186fa080b2bcc6511e33bd0fa448a.pdf> Son Erişim Tarihi: 12.01.2020.
- Anonim, 2020c. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/62029/mod_resource/content/0/4.%20hafta.pdf Son Erişim Tarihi: 07.01.2020.
- AOAC. 1998, Official Method of Analysis. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Artık, N. 2007. Türkiye'deki başlıca incir çeşitlerinin karotenoid ve antosiyanin içerikleri ve kurutma prosesinde değişimi. Bilimsel Araştırma Projesi Raporu, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 59s, Ankara.
- Atik, İ. 2012. Aydın ilinde doğal olarak kurutulan, geleneksel ve endüstriyel işlenen incirlerin bazı özellikleri ve aflatoksin içerikleri. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 75s, Denizli.
- Baldry, M. G. C. 1983. The bactericidal, fungicidal and sporicidal properties of hydrogen peroxide and peracetic acid. **Journal of Applied Bacteriology**, 54(3): 417-423.

- Bang, H. J., Park, S. Y., Kim, S. E., Rahaman, M. M. F., Ha, S. D. 2017. Synergistic effects of combined ultrasound and peroxyacetic acid treatments against *Cronobacter sakazakii* biofilms on fresh cucumber. **LWT - Food Science and Technology**, 84: 91-98.
- Bilek, S. E., Turantaş, F. 2013. Decontamination efficiency of highpower ultrasound in the fruit and vegetable industry, A review. **International Journal of Food Microbiology**, 166(1): 155-162.
- Birmpa, A., Sfika, V., Vantarakis, A. 2013. Ultraviolet light and ultrasound as non-thermal treatments for the inactivation of microorganisms in fresh ready-to-eat foods. **International Journal of Food Microbiology**, 167(1): 96-102.
- Blois, M. S. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. **Nature**, 181(4617), 1199.
- Cai, R., Yuan, Y., Wang, Z., Guo, C., Liu, B., Yue, T. 2015. Reduction of *Alicyclobacillus acidoterrestris* spores on apples by chlorine dioxide in combination with ultrasound or shaker. **Food and Bioprocess Technology**, 8(12): 2409-2417.
- Cao, S., Hu, Z., Pang, B., Wang, H., Xie, H., Wu, F. 2010. Effect of ultrasound treatment on fruit decay and quality maintenance in strawberry after harvest. **Food Control**, 21(4): 529-532.
- Cemeroglu, B. 2010. Gıda analizlerinde genel yöntemler. Editör: Cemeroglu, B. Gıda Teknolojisi Yayınları, No:34, Ankara.
- Cengiz, M. F., Başlar, M., Basancelebi, O., Kılıçlı, M. 2018. Reduction of pesticide residues from tomatoes by low intensity electrical current and ultrasound applications. **Food Chemistry**, 267: 60-66.
- Chang, S. K., Alasalvar, C., Shahidi, F. 2016. Review of dried fruits: Phytochemicals, antioxidant efficacies, and health benefits. **Journal of Functional Foods**, 21: 113-132.

- Chemat, F., Khan, M. K. 2011. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. **Ultrasonics Sonochemistry**, 18(4): 813-835.
- Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A. G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A. S., Abert-Vian, M. 2017. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, 34: 540-560.
- Chen, F., Zhang, M., Yang, C. H. 2019. Application of ultrasound technology in processing of ready-to-eat fresh food: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, 63, 104953.
- Chen, Z., Zhu, C. 2011. Combined effects of aqueous chlorine dioxide and ultrasonic treatments on postharvest storage quality of plum fruit (*Prunus salicina* L.). **Postharvest Biology and Technology**, 61(2-3): 117-123.
- Çalışkan, O., Polat, A. A. 2008. Fruit characteristics of fig cultivars and genotypes grown in Turkey. **Scientia Horticulturae**, 115(4): 360-367.
- Çalışkan, O., Polat, A. A. 2012. Bazı incir çeşitlerinin fitokimyasal ve antioksidan özelliklerinin belirlenmesi. **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 49(2): 201-208.
- Çatmadım, G. 2014. Aydın ili Kuyucak ilçesinde (Büyük Menderes Ovası) yetiştirilen sarılop ve bursa siyahı incir çeşitlerinde meyve gelişimlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 61s, Ordu.
- de São José, J. F. B., de Andrade, N. J., Ramos, A. M., Vanetti, M. C. D., Stringheta, P. C., Chaves, J. B. P. 2014. Decontamination by ultrasound application in fresh fruits and vegetables. **Food Control**, 45: 36-50.
- de São José, J. F. B., Vanetti, M. C. D. 2015. Application of ultrasound and chemical sanitizers to watercress, parsley and strawberry: Microbiological and physicochemical quality. **LWT-Food Science and Technology**, 63(2): 946-952.

- Demirbüker, D., Simsek, S., Yemenicioglu, A. 2004. Potential application of hot rehydration alone or in combination with hydrogen peroxide to control pectin methylesterase activity and microbial load in cold-stored intermediate-moisture sun-dried figs. **Journal of Food Science**, 69(3): FCT170-FCT178.
- Dey, G., Mitra, A., Banerjee, R., Maiti, B. R. 2001. Enhanced production of amylase by optimization of nutritional constituents using response surface methodology. **Biochemical Engineering Journal**, 7(3): 227-231.
- do Rosário, D. K. A., da Silva Mutz, Y., Peixoto, J. M. C., Oliveira, S. B. S., de Carvalho, R. V., Carneiro, J. C. S., de São José, J. F. B., Bernardes, P. C. 2017. Ultrasound improves chemical reduction of natural contaminant microbiota and *Salmonella enterica* subsp. *enterica* on strawberries. **International Journal of Food Microbiology**, 241: 23-29.
- Dolatowski, Z. J., Stadnik, J., Stasiak, D. 2007. Applications of ultrasound in food technology. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, 6(3): 89-99.
- EİB, 2017. <http://www.egebirlik.org.tr/> Son Erişim Tarihi:10.09.2019.
- Francisco, C. A. I., Araujo Naves, E. A., Ferreira, D. C., Rosário, D. K. A. D., Cunha, M. F., Bernardes, P. C. 2018. Synergistic effect of sodium hypochlorite and ultrasound bath in the decontamination of fresh arugulas. **Journal of Food Safety**, 38(1), e12391.
- Gao, S., Hemar, Y., Ashokkumar, M., Paturel, S., Lewis, G. D. 2014. Inactivation of bacteria and yeast using high-frequency ultrasound treatment. **Water Research**, 60: 93-104.
- Gençdağ, E., Görgüç, A., Yılmaz, F. M. 2019a. Kuru İncirin İşlenmesi, Kalite Problemleri ve Gıda Endüstrisinin Geliştirdiği Yenilikçi Yöntemler. **Akademik Gıda**, 17(3): 378-388.
- Gençdağ, E., Görgüç, A., Birişik, M., Genç, E., Başkurt, C., Yılmaz, F. M. 2019b. Kırmızı pancar suyu üretiminde enzim ön uygulaması: işlem koşullarının meyve suyu verimi, betanin miktarı, toplam fenolik madde ve

antioksidan kapasite üzerine etkisi. **Gıda/The Journal of Food**, 44(4): 593-604.

- Guo, L., Sun, Y., Zhu, Y., Wang, B., Xu, L., Huang, M., Li, Y., Sun, J. 2020. The antibacterial mechanism of ultrasound in combination with sodium hypochlorite in the control of *Escherichia coli*. **Food Research International**, 129, 108887.
- Heredia, N., García, S. 2018. Animals as sources of food-borne pathogens: A review. **Animal Nutrition**, 4(3): 250-255.
- Hoxha, L., Kongoli, R. 2016. Influence of drying process on phenolic content and antioxidant activity of two different autochthonous Albanian fig varieties. **Scientific Papers. Series A. Agronomy**, 59: 509-514.
- Hoxha, L., Kongoli, R., Hoxha, M. 2015. Antioxidant activity of some dried autochthonous albanian fig (*Ficus carica*) cultivars. **International Journal of Crop Science and Technology**, 1(2): 20-26.
- Hssaini, L., Charafi, J., Hanine, H., Ennahli, S., Mekaoui, A., Mamouni, A., Razouk, R. 2019. Comparative analysis and physio-biochemical screening of an ex-situ fig (*Ficus carica* L.) collection. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, 60(5): 671-683.
- Huang, T. S., Xu, C., Walker, K., West, P., Zhang, S., Weese, J. 2006. Decontamination efficacy of combined chlorine dioxide with ultrasonication on apples and lettuce. **Journal of Food Science**, 71(4): M134-M139.
- Imirzalioglu, P., Karacaer, O., Yılmaz, B., Ozmen I. 2010. Color stability of denture acrylic resins and a soft lining material against tea, coffee, and nicotine. **Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry**, 19(2): 118-124.
- Kamiloğlu, S. 2012. Güneşte kurutmanın sarılop ve bursa siyahî incirleri (*Ficus carica* L.) polifenoller ve *in vitro* biyoyararlılığına etkisi. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 140 s, İstanbul.

- Kamiloğlu, S., Çapanoğlu, E. 2015. Polyphenol content in figs (*Ficus carica* L.): Effect of sun-drying. **International Journal of Food Properties**, 18(3): 521-535.
- Kang, D., Jiang, Y., Xing, L., Zhou, G., Zhang, W. 2017. Inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 and *Bacillus cereus* by power ultrasound during the curing processing in brining liquid and beef. **Food Research International**, 102: 717-727.
- Karaca, H. 2005. Kuru İncirlerin aflatoksin, patulin, ergosterol içeriği ve farklı koşullarda aflatoksinlerin parçalanma düzeyleri. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 104s, Denizli.
- Kelebek, H., Dıblan, S., Kadiroğlu, P., Kola, O., Selli, S. 2018. Kurutma işlemlerinin incirlerin (*Ficus carica* L.) fenolik bileşikler, antioksidan kapasite ve diğer önemli bazı kalite kriterleri üzerine etkileri. **Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi**, 33(2): 127-136.
- Kim, J. K., Park, K. J., Cho, K. S., Nam, S. W., Park, T. J., Bajpai, R. 2005. Aerobic nitrification–denitrification by heterotrophic *Bacillus* strains. **Bioresource Technology**, 96(17): 1897-1906.
- Kim, N. H., Rhee, M. S. 2016. Synergistic bactericidal action of phytic acid and sodium chloride against *Escherichia coli* O157: H7 cells protected by a biofilm. **International Journal of Food Microbiology**, 227: 17-21.
- Kim, M., Young Park, S., Jung Park, T., Ha, S. D. 2017. Effect of sodium chloride on the reduction of *Bacillus cereus* in shrimp jeotgal during refrigerated storage. **Journal of Food Safety**, 37(1), e12281.
- Kim, N. H., Kim, H. W., Moon, H., Rhee, M. S. 2020. Sodium chloride significantly enhances the bactericidal actions of carvacrol and thymol against the halotolerant species *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes*, and *Staphylococcus aureus*. **LWT - Food Science and Technology**, 122, 109015.
- Kitis, M. 2004. Disinfection of wastewater with peracetic acid: A review. **Environment International**, 30(1): 47-55.

- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., Lee, D. U. 2004. Applications and potential of ultrasonics in food processing. **Trends in Food Science & Technology**, 15(5): 261- 266.
- Konak, R., Kösoğlu, İ., Tan, N., Kocataş, H., Yemenicioğlu, A. 2015. Assessment of black fig varieties as dried. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 21(9): 394-397.
- Kuruçaylı, H., Şen F. 2017. Kurutulmuş organik kuru üzüm meyvelerinde farklı ambalajların raf ömrü süresince kaliteye etkileri. **Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 14(2): 75-79.
- Lv, R., Zou, M., Chantapakul, T., Chen, W., Muhammad, A. I., Zhou, J., Ding, T., Ye, X., Liu, D. 2019b. Effect of ultrasonication and thermal and pressure treatments, individually and combined, on inactivation of *Bacillus cereus* spores. **Applied Microbiology and Biotechnology**, 103(5): 2329-2338.
- Lv, R., Zou, M., Chen, W., Zhou, J., Ding, T., Ye, X., Liu, D., 2019a. Ultrasound: Enhance the detachment of exosporium and decrease the hydrophobicity of *Bacillus cereus* spores. **LWT - Food Science and Technology**, 116, 108473.
- M. Sango, D., Abela, D., McElhatton, A., Valdramidis, V. P. 2014. Assisted ultrasound applications for the production of safe foods. **Journal of Applied Microbiology**, 116(5): 1067-1083.
- Millan-Sango, D., McElhatton, A., Valdramidis, V. P. 2015. Determination of the efficacy of ultrasound in combination with essential oil of oregano for the decontamination of *Escherichia coli* on inoculated lettuce leaves. **Food research international**, 67: 145-154.
- Mahmoud, B. S. 2010. The effects of X-ray radiation on *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica* and *Shigella flexneri* inoculated on whole Roma tomatoes. **Food Microbiology**, 27(8): 1057-1063.

- Mawa, S., Husain, K., Jantan, I. 2013. *Ficus carica* L. (Moraceae): Phytochemistry, traditional uses and biological activities. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, 2013: 1-8.
- Nakilcioğlu, E., Hışıl, Y. 2013. Research on the phenolic compounds in sarilop (*Ficus carica* L.) fig variety. **Gıda**, 38(5): 267-74.
- Nguyen, D. T. N., Tongkhao, K., Tongchitpakdee, S. 2019. Application of citric acid, sodium chloride and peroxyacetic acid as alternative chemical treatment for organic trimmed aromatic coconut. **Chiang Mai University Journal of Natural Sciences**, 18(4): 444-460.
- Okuroğlu, F., Yılmaz, F. M., G6rgüç, A. 2019. Ultrases teknolojisinin taze meyve ve sebzelerin yıkanması ve mikrobiyal yüklerinin azaltılmasında kullanımı. **Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 12(3):1201-1216.
- Olmez, H., Kretzschmar, U. 2009. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. **LWT-Food Science and Technology**, 42(3): 686-693.
- Park, J. S., Ha, J. W. 2019. Ultrasound treatment combined with fumaric acid for inactivating food-borne pathogens in apple juice and its mechanisms. **Food Microbiology**, 84, 103277.
- Pereira, R. N., Vicente, A. A. 2010. Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing. **Food Research International**, 43(7): 1936-1943.
- Piga, A., Pinna, I., Özer, K. B., Agabbio, M., Aksoy, U. 2004. Hot air dehydration of figs (*Ficus carica* L.): drying kinetics and quality loss. **International Journal of Food Science and Technology**, 39(7): 793-799.
- Piyasena, P., Mohareb, E., McKellar, R. C. 2003. Inactivation of microbes using ultrasound: A review. **International Journal of Food Microbiology**, 87(3): 207- 216.

- Rahdari, P., Tavakoli, S., Hosseini, M., S. 2012. Studying of salinity stress effect on germination, proline, sugar, protein, lipid and chlorophyll content in purslane (*Portulaca oleracea* L.) leaves. **Journal of Stress Physiology and Biochemistry**, 8(1): 182-193.
- Rivera, C. S., Venturini, M. E., Oria, R., Blanco, D. 2011. Selection of a decontamination treatment for fresh *Tuber aestivum* and *Tuber melanosporum* truffles packaged in modified atmospheres. **Food Control**, 22(3-4): 626-632.
- Rood, L., Koutoulis, A., Bowman, J. P., Evans, D. E., Stanley, R. A., Kaur, M. 2018. Control of microbes on barley grains using peroxyacetic acid and electrolysed water as antimicrobial agents. **Food Microbiology**, 76: 103-109.
- Rosario, D. K., Duarte, A. L. A., Madalao, M., Libardi, M. C., Teixeira, L. J., ConteJunior, C. A., Bernardes, P. C. 2018. Ultrasound improves antimicrobial effect of sodium hypochlorite and instrumental texture on fresh-cut yellow melon. **Journal of Food Quality**, 2018.
- Sagong, H. G., Lee, S. Y., Chang, P. S., Heu, S., Ryu, S., Choi, Y. J., Kang, D. H. 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(1): 287-292.
- Sagong, H. G., Cheon, H. L., Kim, S. O., Lee, S. Y., Park, K. H., Chung, M. S., Choi, Y. J., Kang, D. H. 2013. Combined effects of ultrasound and surfactants to reduce *Bacillus cereus* spores on lettuce and carrots. **International Journal of Food Microbiology**, 160(3): 367-372.
- Salomao, B. C., Aragao, G. M., Churey, J. J., Worobo, R. W. 2008. Efficacy of sanitizing treatments against *Penicillium expansum* inoculated on six varieties of apples. **Journal of Food Protection**, 71(3): 643-647.
- São José, J. F. B., Vanetti, M. C. D. 2012. Effect of ultrasound and commercial sanitizers in removing natural contaminants and *Salmonella enterica* Typhimurium on cherry tomatoes. **Food Control**, 24(1-2): 95-99.

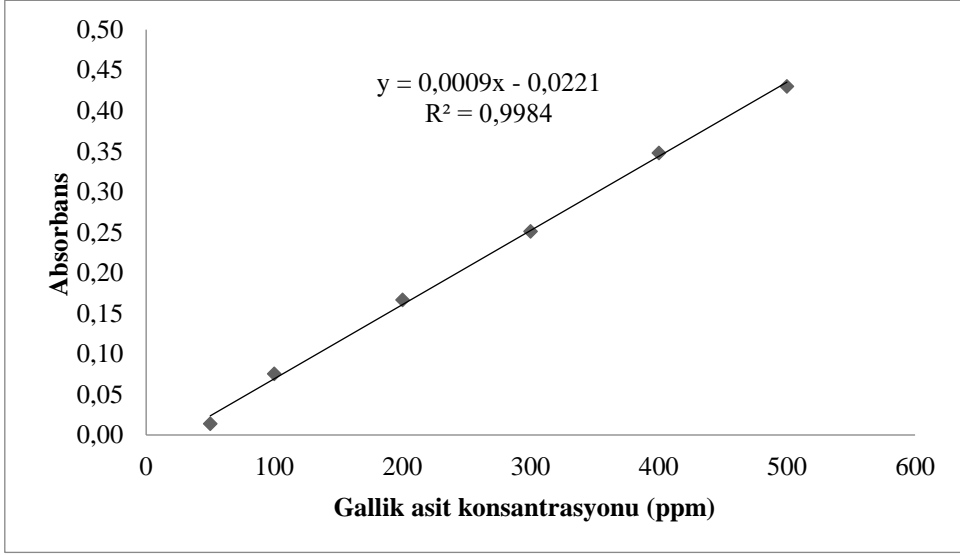
- Sarkinas, A., Sakalauskiene, K., Raisutis, R., Zeime, J., Salaseviciene, A., Puidaite, E., Mockus, E., Cernauskas, D. 2018. Inactivation of some pathogenic bacteria and phytoviruses by ultrasonic treatment. **Microbial Pathogenesis**, 123: 144-148.
- Sayın, L., Tamer, C. E. 2014. Yüksek hidrostatik basınç ve ultrasonun gıda koruma yöntemi olarak kullanımı. **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 28(1): 83-93.
- Serra, A. T., Seabra, I. J., Braga, M. E., Bronze, M. R., de Sousa, H. C., Duarte, C. M. 2010. Processing cherries (*Prunus avium*) using supercritical fluid technology. Part 1: Recovery of extract fractions rich in bioactive compounds. **The Journal of Supercritical Fluids**, 55(1): 184-191.
- Seymour, I. J., Burfoot, D., Smith, R. L., Cox, L. A., Lockwood, A. 2002. Ultrasound decontamination of minimally processed fruits and vegetables. **International Journal of Food Science & Technology**, 37(5): 547-557.
- Sharma, N., Bhardwaj, N. K., Singh, R. B. P. 2020. Environmental issues of pulp bleaching and prospects of peracetic acid pulp bleaching: A Review. **Journal of Cleaner Production**, 256, 120338.
- Silveira, L. O., do Rosário, D. K. A., Giori, A. C. G., Oliveira, S. B. S., da Silva Mutz, Y., Marques, C. S., Bernardes, P. C. 2018. Combination of peracetic acid and ultrasound reduces *Salmonella* Typhimurium on fresh lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*). **Journal of Food Science and Technology**, 55(4): 1535-1540.
- Singleton, V. L., Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American journal of Enology and Viticulture**, 16(3): 144-158.
- Slatnar, A., Klancar, U., Stampar, F., Veberic, R. 2011. Effect of drying of figs (*Ficus carica* L.) on the contents of sugars, organic acids, and phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 59(21): 11696-11702.

- Snini, SP, Tannous, J., Heuillard, P., Bailly, S., Lippi, Y., Zehraoui, E., Puel, O. 2016. Patulin is a cultivar-dependent aggressiveness factor favouring the colonization of apples by *Penicillium expansum*. **Molecular Plant Pathology**, 17(6): 920-930.
- Soltana, H., Pinon, A., Limami, Y., Zaid, Y., Khalki, L., Zaid, N., Salah, D., Sabitaliyevich, U. Y., Simon, A., Liagre, B., Hammami, M. 2019. Antitumoral activity of *Ficus carica* L. on colorectal cancer cell lines. **Cell Mol Biol (Noisy le Grand)**, 65(5).
- Soni, N., Mehta, S., Satpathy, G., Gupta, R. K. 2014. Estimation of nutritional, phytochemical, antioxidant and antibacterial activity of dried fig (*Ficus carica*). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, 3(2).
- Tango, C. N., Khan, I., Kounkeu, P. F. N., Momna, R., Hussain, M. S., Oh, D. H. 2017. Slightly acidic electrolyzed water combined with chemical and physical treatments to decontaminate bacteria on fresh fruits. **Food Microbiology**, 67: 97-105.
- TÜİK, 2017. <http://www.tuik.gov.tr/Start.do> Son Erişim Tarihi:10.09.2019.
- Vandekinderen, I., Devlieghere, F., Van Camp, J., Denon, Q., Alarcon, S. S., Ragaert, P., De Meulenaer, B. 2009. Impact of a decontamination step with peroxyacetic acid on the shelf-life, sensory quality and nutrient content of grated carrots packed under equilibrium modified atmosphere and stored at 7 °C. **Postharvest Biology and Technology**, 54(3): 141-152.
- Villalobos, M. C., Serradilla, M. J., Martín, A., Ruíz-Moyano, S., Casquete, R., Hernández, A., Córdoba, M. G. 2019. Use of efficient drying methods to improve the safety and quality of dried fig. **Journal of Food Processing and Preservation**, 43(1), e13853.
- Viola, K. S., Rodrigues, E. M., Tanomaru-Filho, M., Carlos, I. Z., Ramos, S. G., Guerreiro-Tanomaru, J. M., Faria, G. 2018. Cytotoxicity of peracetic acid: evaluation of effects on metabolism, structure and cell death. **International Endodontic Journal**, 51: e264-e277.

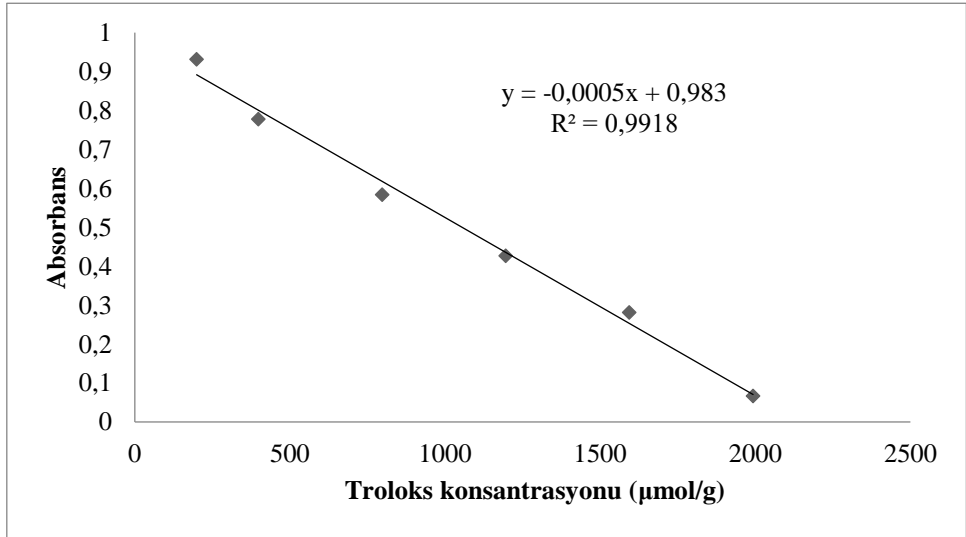
- Yang, Z., Cao, S., Cai, Y., Zheng, Y. 2011. Combination of salicylic acid and ultrasound to control postharvest blue mold caused by *Penicillium expansum* in peach fruit. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 12(3): 310-314.
- Yemiş, O., Bakkalbaşı, E., Artık, N. 2012. Changes in pigment profile and surface colour of fig (*Ficus carica* L.) during drying. **International Journal of Food Science & Technology**, 47(8): 1710-1719.
- Yılmaz, F. M., Bilek, S. E. 2018. Ultrasound-assisted vacuum impregnation on the fortification of fresh-cut apple with calcium and black carrot phenolics. **Ultrasonics Sonochemistry**, 48: 509-516.
- Yılmaz, F. M., Yıldırım, E., Karakuş, M. 2019. Doğal renk maddesi katkılı sert şekerleme üretimi: farklı karbonhidrat formülasyonlarının renk, camsı geçiş, higroskopite, karbonhidrat kompozisyonu ve duyu özellikleri üzerine etkileri. **Gıda/The Journal of Food**, 44(2): 357-368.
- Zhou, B., Feng, H., Luo, Y. 2009. Ultrasound enhanced sanitizer efficacy in reduction of *Escherichia coli* O157: H7 population on spinach leaves. **Journal of Food Science**, 74(6): M308-M313.
- Zhu, J., Wang, Y., Li, X., Li, B., Liu, S., Chang, N., Jie, D., Ning, C., Gao, H., Meng, X. 2017. Combined effect of ultrasound, heat, and pressure on *Escherichia coli* O157: H7, polyphenol oxidase activity, and anthocyanins in blueberry (*Vaccinium corymbosum*) juice. **Ultrasonics Sonochemistry**, 37: 251-259.

EKLER

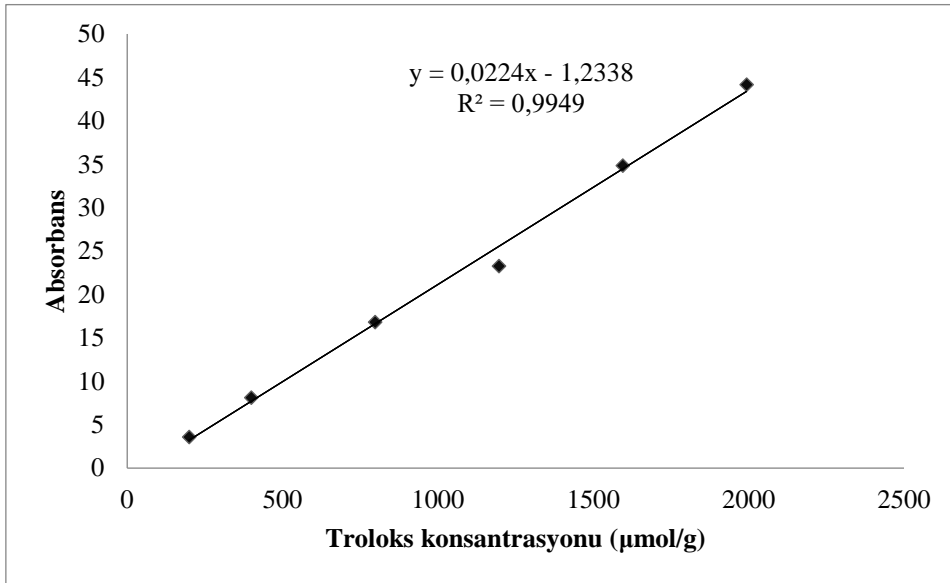
Ek 1. Toplam fenolik madde miktarı analizi için gallik asit standardı ile oluşturulmuş kalibrasyon eğrisi



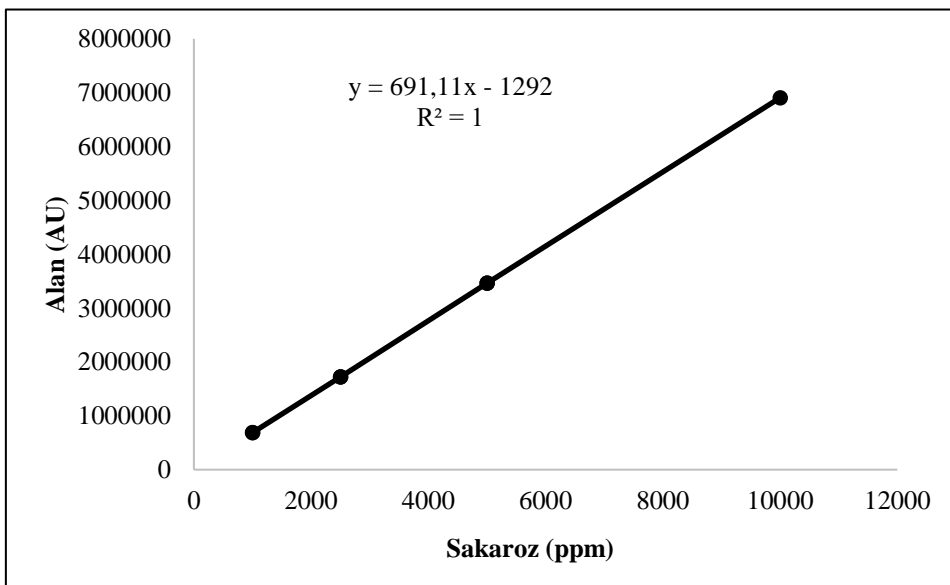
Ek 2. Troloks eşdeğer antioksidan kapasite (DPPH) analizi için troloks standardı ile oluşturulmuş kalibrasyon eğrisi



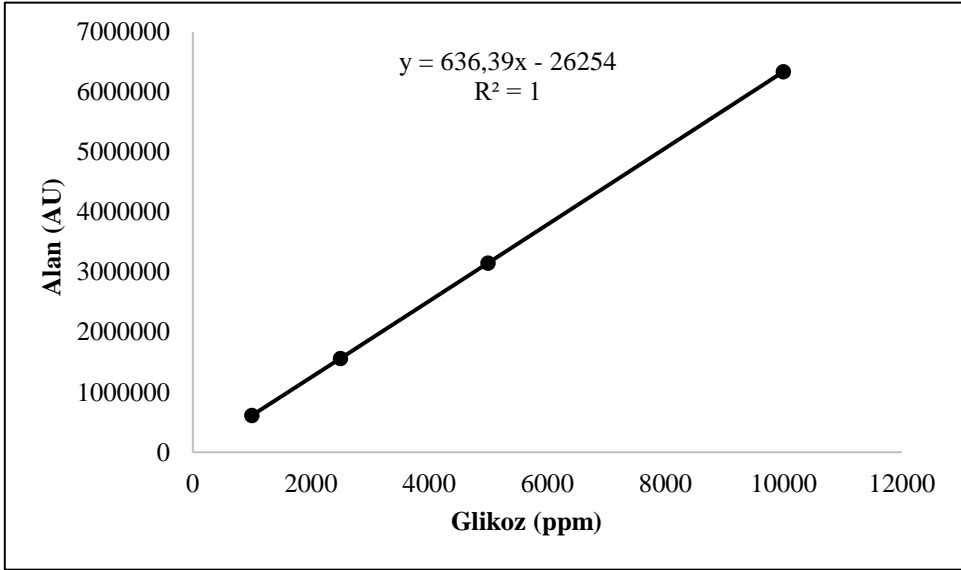
Ek 3. Troloks eşdeğer antioksidan kapasite (ABTS) değeri için troloks standardı ile oluşturulmuş kalibrasyon eğrisi



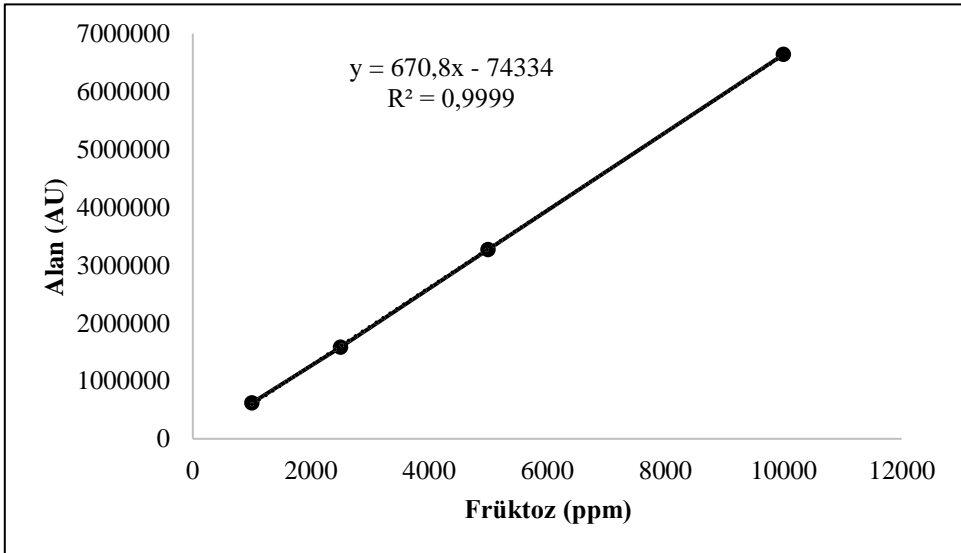
Ek 4. Sakaroz standardı için oluşturulan kalibrasyon eğrisi



Ek 5. Glikoz standardı için oluşturulan kalibrasyon eğrisi



Ek 6. Früktoz standardı için oluşturulan kalibrasyon eğrisi



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Fulya OKUROĞLU

Doğum Yeri ve Tarihi : AYDIN – 14.05.1995

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Pamukkale Üniversitesi

Yüksek Lisans Öğrenimi : Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

Derleme Makale,

Okuroğlu, F., Görgüç, A., Yılmaz, F. M. 2019. Ultrases Teknolojisinin Taze Meyve ve Sebzelerin Yıkanması ve Mikrobiyal Yüklerinin Azaltılmasında Kullanımı. **Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 12(3): 1201-1216.

İLETİŞİM

E-Posta Adresi : fulyaokuroglu@gmail.com

Tarih :18/05/2020