



T.C.

EGE ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü



**TİCARİ DEZENFEKTAN, ULTRAVİYOLE IŞIK VE
YÜKSEK YOĞUNLUKLU VURGULU IŞIK
UYGULAMALARIYLA DONDURULMUŞ KİRAZIN
DEKONTAMİNASYONU**

Yüksek Lisans Tezi

BENGÜNUR KUTLU

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İzmir

2021

T.C.

EGE ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

**TİCARİ DEZENFEKTAN, ULTRAVİOLE IŞIK VE
YÜKSEK YOĞUNLUKLU VURGULU IŞIK
UYGULAMALARIYLA DONDURULMUŞ KİRAZIN
DEKONTAMİNASYONU**

Bengünur KUTLU

Danışman: Prof. Dr. Taner BAYSAL

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Adı

Gıda Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

İzmir

2021

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“TİCARİ DEZENFEKTAN, ULTRAVİOLE IŞIK VE YÜKSEK YOĞUNLUKLU VURGULU IŞIK UYGULAMALARIYLA DONDURULMUŞ KİRAZIN DEKONTAMİNASYONU”** başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

../../2021

İmzası

Bengünur KUTLU

ÖZET**TİCARİ DEZENFEKTAN, ULTRAVİYOLE IŞIK VE YÜKSEK
YOĞUNLUKLU VURGULU IŞIK UYGULAMALARIYLA
DONDURULMUŞ KİRAZIN DEKONTAMİNASYONU**

KUTLU, Bengünur

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Taner BAYSAL

Ekim 2021, 117 sayfa

Bu tez çalışması kapsamında; dondurulmuş kiraz örneklerinde *Listeria monocytogenes* dekontaminasyonuna yönelik yenilikçi ışık teknolojilerinin (UV-C ve HIPL) etkinliği belirlenmiş, dekontaminasyon uygulamalarının meyve kalitesi üzerine etkisi incelenmiş ve sonuçlar ticari dezenfektan uygulaması olan klorlu yıkama uygulaması ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında, dondurulmuş kiraz örneklerine uygulanacak olan bireysel yüksek yoğunluklu vurgulu ışık (HIPL) ve ultraviyole C ışık (UV-C) teknolojileri için örneğin lambaya uzaklıkları (10 ve 20 cm) ve farklı enerji dozlarına (3-6-9-12 J/cm²) karşılık gelen işlem süreleri hesaplanmıştır. Daha sonra, yıkama uygulaması için 300 ppm klorlu su çözeltisi (200 ppm aktif klor) hazırlanmış, kiraz örneklerine orta karıştırma hızında 60 s süreyle yıkama işlemi uygulanmıştır. Çalışmada, dekontaminasyon uygulamalarında kullanılmak üzere *Listeria monocytogenes* yerine direnç özellikleri yakın ve patojen olmayan *Listeria innocua* NRRL-B 33314 hedef mikroorganizma olarak kullanılmıştır.

Çalışmanın ilerleyen aşamalarında, dekontaminasyon uygulamalarının dondurulmuş kiraz meyvelerinde *L. innocua*, toplam canlı bakteri (TCB), toplam maya ve küf (TMK) hücreleri üzerine inaktivasyon etkinliği incelenmiştir. Elde edilen inaktivasyon verileri logaritmik doğrusal model ile modellenerek inaktivasyon kinetiği oluşturulmuştur. Çalışmada, HIPL ve UV-C uygulamaları

boyunca örneklerin yüzey sıcaklığı ölçülerek, işlem sonrasında meydana gelen sıcaklık değişimleri tespit edilmiştir.

Çalışmanın son aşamasında, elde edilen veriler göz önünde bulundurularak *L. innocua* inaktivasyonu ve meyve kalitesi açısından en iyi etkiyi gösteren uygulama ve işlem parametrelerine karar verilmiştir.

Yapılan denemeler sonucunda, HIPL ve UV-C teknolojileriyle elde edilen en yüksek *L. innocua* inaktivasyonu 9 J/cm^2 (20 cm) işlem parametresinde sırasıyla 2.90 ± 0.02 ve 2.72 ± 0.13 log olarak belirlenmiştir. Klor çözeltisi ile yıkanan dondurulmuş kiraz örneklerinde meydana gelen *L. innocua* inaktivasyonu 2.84 ± 0.29 log olarak belirlenmiştir.

Her iki ışık uygulamasında sağlanan en yüksek TCB ile TMK inaktivasyonu 12 J/cm^2 enerji dozunda (10 cm) elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre HIPL uygulaması ile 2.82 ± 0.00 log düzeyinde TCB, 1.12 ± 0.02 log düzeyinde TMK; UV-C uygulaması ile 2.63 ± 0.00 log düzeyinde TCB, 1.41 ± 0.11 log düzeyinde TMK inaktivasyonu sağlanmıştır.

Tez çalışmasında, HIPL, UV-C ve/veya yıkama işlemi uygulanan dondurulmuş kiraz örneklerinin toplam titre edilebilir asitlik, pH, suda çözünür kuru madde içeriği kontrol örneğine kıyasla %5'i geçmemiştir. Buna kıyasla, ışık uygulamaları, klor ile yıkama uygulamasına kıyasla dondurulmuş kiraz örneklerinin toplam fenolik madde ve toplam antosiyanin madde içeriğini arttırmıştır. İşlenmiş örneklerin bazı duyuşal özellikleri panelistler tarafından değerlendirildiğinde en yüksek beğeni oranını düşük (3 ve 6 J/cm^2) enerji dozunda ışık uygulamalarıyla işlenmiş dondurulmuş kiraz örnekleri almıştır.

Tez çalışmasında, dondurulmuş kiraz örneklerinde *Listeria innocua* inaktivasyonu ve kalite özelliklerinin korunması açısından en iyi özellik gösteren uygulama yüksek yoğunluklu vurgulu ışık (HIPL) ve en uygun lamba mesafesi 10 cm olarak belirlenmiştir. Ayrıca, yapılan denemeler sonucunda, HIPL uygulamalarının işlem süresinin çok kısa olması (2.3-28.6 s), dondurulmuş kiraz örneklerinin işlem sırasındaki en yüksek sıcaklık artışının ($10.8 \text{ }^\circ\text{C}$) UV-C

uygulamasına (25.9 °C) göre çok daha az olması ve *Listeria* inaktivasyonu üzerine etkinliğinin UV-C uygulamasına göre daha fazla olması nedeniyle HIPL'nin dondurulmuş kirazlarda *L. innocua* popülasyonunu azaltmak için etkili bir yöntem olduğu ve ticari dezenfektan uygulamalarına alternatif olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dondurulmuş kiraz, HIPL, UV-C, klor, *Listeria innocua*, kalite.



ABSTRACT**DECONTAMINATION OF FROZEN CHERRIES BY
COMMERCIAL DISINFECTANT, ULTRAVIOLET LIGHT, AND
HIGH INTENSITY PULSED LIGHT**

KUTLU, Bengünur

M. Sc. In Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Taner BAYSAL

October 2021, 117 pages

In this thesis, innovative light-based technologies (UV-C and HIPL) were used for surface decontamination of frozen sweet cherries. The effects of these methods on the inactivation of *L. monocytogenes* and their effects on fruit quality were investigated. The results were compared with chlorine washing which is the commercial disinfectants treatment.

In the first part of the thesis, exposure times corresponding to various energy doses (3-6-9-12 J/cm²) at different lamp distances (10-20 cm) were calculated for HIPL and UV-C technologies by preliminary experiments. After, chlorinated water solutions at 300 ppm concentration (200 ppm residual chlorine) were prepared for washing treatments. In the study, non-pathogenic *L. innocua* NRRL-B 33314 with similar resistance properties was used as the target microorganism in decontamination treatments instead of *L. monocytogenes*.

In the second part of the thesis, the *L. innocua*, total aerobic bacteria (TAB), total yeast and mold (TYM) inactivation efficiency of decontamination treatments on frozen cherry fruits was investigated. The obtained data were used for modeling the inactivation process. Also, the surface temperature rise of the sample was measured during HIPL and UV-C treatments.

In the last part of the thesis, considering the obtained data, the decontamination process and process parameters that show the best effect in terms of *L. innocua* inactivation and fruit quality were decided. The highest reduction of *L. innocua* was determined as 2.90 ± 0.02 log and as 2.72 ± 0.13 log at 20 cm-9 J/cm² after HIPL and UV-C treatment, respectively. *L. innocua* reduction after chlorine washing was determined as 2.84 ± 0.29 log. The highest TAB (> 2 logs) and TYM (>1 log) inactivation were determined by HIPL and UV-C at 12 J/cm².

In the thesis study, it was determined that changes in pH, total titratable acidity, and total soluble solid values of washed and/or light-treated samples did not exceed 5% compared to the untreated sample. Unlike chlorine-washed treatment, light treatments increased total phenolic and anthocyanin content levels depending on the process parameters. Some of the sensory properties of the treated samples were evaluated by the panelists. Recorded sensory scores showed light-treated samples at 3 and 6 J/cm² had the highest consumer acceptance and overall liking.

This thesis study provided important information to the frozen fruit industry about light decontamination treatments for *L. monocytogenes* inactivation. The obtained data showed that HIPL included short treatment times (2.3-28.6 s) and prevented high-temperature rises on food compared to UV-C (maximum temperature rise 10.8 °C at HIPL, 25.9 °C at UV-C). Also, the HIPL process was effective for the inactivation of *Listeria innocua* without any adverse effect on physical, chemical, and sensory properties in frozen cherry samples. As a result, it was concluded that HIPL is an alternative decontamination method on an industrial scale compared to commercial disinfectants.

Keywords: Frozen sweet cherry, HIPL, UV-C, chlorine, *Listeria innocua*, quality.

ÖNSÖZ

Gıda üretim ortamlarında sıkça yaşanan bir problem olan gıda kontaminasyonu hem ürün kalitesine zarar vermekte hem de insan sağlığı için önemli bir risk taşımaktadır. Gelişmesi ve canlılığını devam ettirebilmesi için geniş bir sıcaklık ve pH aralığını tolere edebilen *L. monocytogenes*, özellikle dondurulmuş gıda üretim hatlarında canlılığını devam ettirebilmekte ve gıda kontaminasyonuna neden olabilmektedir. Bu kontaminasyonun önüne geçebilmek amacıyla dondurulmuş gıda üretim ortamlarında sıklıkla kimyasal dezenfektanlar kullanılmaktadır. Kimyasal maddelerin insan sağlığına ve çevreye olan zararlı etkilerinden dolayı alternatif gıda işleme teknolojilerinin yaygınlaşması ve potansiyelinin tam olarak ortaya çıkarılması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında, dondurulmuş organik kiraz meyvesinde *L. monocytogenes* dekontaminasyonu ve gıdanın kalitesi üzerine klor ile yıkama uygulamasına kıyasla yüksek yoğunluklu vurgulu ışık (HIPL) ve ultraviyole ışık (UV-C) teknolojilerinin etkinliği araştırılmıştır. Elde edilen veriler ışığında, dondurulmuş kiraz örneklerinde *Listeria innocua* inaktivasyonu ve kalite özelliklerinin korunması açısından en iyi özellik gösteren uygulama yüksek yoğunluklu vurgulu ışık (HIPL) olarak belirlenmiştir.

“Ticari dezenfektan, ultraviyole ışık ve yüksek yoğunluklu vurgulu ışık uygulamalarıyla dondurulmuş kirazın dekontaminasyonu” başlıklı bu tez çalışması Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilmiş olup, TÜBİTAK-TEYDEB 1505 Üniversite Sanayi İşbirliği Destek Programı tarafından 5200023 no’lu proje kapsamında desteklenmiştir.

İZMİR

Bengünur KUTLU

07/10/2021

İÇİNDEKİLER DİZİNİSayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	xi
ÖNSÖZ	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xviii
TABLolar DİZİNİ.....	xxi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	8
2.1. Kiraz Hakkında Genel Bilgiler	8
2.1.1. Kiraz meyvesi, çeşitleri ve tarihçesi	8
2.1.2. Kirazın dünyada ve ülkemizdeki üretimi ve ekonomik değeri	9
2.1.3. Kirazın beslenmedeki önemi ve sağlığa etkisi	12
2.2. Gıdaların Dondurularak Muhafazası	13
2.3. <i>Listeria monocytogenes</i> 'in özellikleri.....	14
2.4. Gıda Dekontaminasyon Yöntemleri	16
2.4.1. Kimyasal dezenfektanlar ile dekontaminasyon	16

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (devam)

Sayfa

2.4.2. HIPL uygulaması ile dekontaminasyon.....	22
2.4.3. UV-C ışık uygulaması ile dekontaminasyon	31
3. GEREÇ VE YÖNTEM	38
3.1. Materyal	38
3.1.1. Hammadde.....	38
3.1.2. <i>Listeria innocua</i> NRRL-B 33314	38
3.2. Yöntem	38
3.2.1. Dekontaminasyon yöntemleri.....	38
3.2.2. Mikroorganizma kültürünün hazırlanması ve ürüne inokülasyonu	40
3.2.3. Yıkama uygulamaları.....	41
3.2.4. UV-C ışık uygulaması ile dekontaminasyon işlemi	42
3.2.5. HIPL uygulaması ile dekontaminasyon işlemi	43
3.3. Analiz Yöntemleri	44
3.3.1. Kimyasal analiz yöntemleri	45
3.3.2. Fiziksel analizler	48
3.3.3. Mikrobiyal analizler.....	50

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (devam)

Sayfa

3.3.4.	İnaktivasyon verilerinin modellenmesi.....	51
3.3.5.	İstatistiksel analizler	52
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA	53
4.1.	Sıcaklık Değişimi.....	53
4.2.	Dekontaminasyon Uygulamalarının Dondurulmuş Kiraz Meyvesinde <i>L. innocua</i> İnaktivasyonu Üzerine Etkisi ve İnaktivasyon Verilerinin Modellenmesi	58
4.2.1.	Yıkama uygulamalarının dondurulmuş kirazda <i>L. innocua</i> inaktivasyonu ..	58
4.2.2.	Yenilikçi ışık uygulamalarının dondurulmuş kirazda <i>L. innocua</i> üzerine inaktivasyon etkinliği.....	60
4.2.3.	Yenilikçi ışık uygulamalarıyla işlenen dondurulmuş kirazlardaki <i>L. innocua</i> inaktivasyon verilerinin modellenmesi.....	65
4.3.	Dekontaminasyon Uygulamalarının Dondurulmuş Kirazda Toplam Canlı Bakteri (TCB), Toplam Maya ve Küf (TMK) Yüğü Üzerine Etkisi ve İnaktivasyon Verilerinin Modellenmesi	67
4.3.1.	Yıkama uygulamalarının dondurulmuş kirazda toplam canlı bakteri (TCB), toplam maya ve küf (TMK) hücrelerinde inaktivasyon etkinliği	69
4.3.2.	Yenilikçi ışık uygulamalarının (UV-C ve HIPL) dondurulmuş kirazda toplam canlı bakteri (TCB), toplam maya ve küf (TMK) hücrelerinde inaktivasyon etkinliği.....	71

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (devam)

Sayfa

4.3.3. Yenilikçi ışık uygulamalarıyla işlenen dondurulmuş kirazlardaki TCB ve TMK inaktivasyon verilerinin modellenmesi	74
4.4. Dekontaminasyon Uygulamalarının Dondurulmuş Kiraz Meyvesinin Kimyasal, Fiziksel ve Duyusal Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri.....	78
4.4.1. Ağırlık kaybı, pH, toplam titre edilebilir asitlik ve suda çözünür kuru madde	78
4.4.2. Toplam monomerik antosiyanin madde	82
4.4.3. Toplam fenolik madde içeriği.....	84
4.4.4. Tekstür	87
4.4.5. Renk.....	88
4.4.6. Duyusal analiz	90
5. SONUÇ	92
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	94
TEŞEKKÜR	116
ÖZGEÇMİŞ	117
EKLER.....	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2. 1 Dünyada kiraz üretimi (FAO, 2020).	10
Şekil 2. 2 Dünyada kiraz üretiminde lider ülkeler-2018 verileri (FAO, 2020).	10
Şekil 2. 3 Elektromanyetik spektrum (Dreamstime, 2020).	23
Şekil 2. 4 Güneş ışığı ve vurgulu ışığın dalga boylarının karşılaştırılması (Takeshita et al., 2003).	23
Şekil 2. 5 Işığın materyal ile etkileşimi (Mandal et al., 2020).....	24
Şekil 2. 6 Bir HIPL sistemi (Mandal et al., 2020)	26
Şekil 2. 7 Işığın dalga boyu spektrumu (Hubblesıle, 2021).	32
Şekil 3. 1 Dondurulmuş kiraz meyvelerinin ticari dezenfektan, UV-C ve HIPL uygulamalarıyla dekontaminasyonu işlem akış diyagramı	39
Şekil 3. 2 Yıkama uygulaması işlem akış diyagramı.....	40
Şekil 4. 1 10 cm (a) ve 20 cm (b) lamba mesafelerinde uygulanan UV-C işlemi boyunca dondurulmuş kiraz meyvesi yüzeyinde ve kabin içi ortamda meydana gelen sıcaklık değişimi.	53
Şekil 4. 2 10 cm (a) ve 20 cm (b) lamba mesafelerinde uygulanan HIPL işlemi boyunca dondurulmuş kiraz meyvesi yüzeyinde ve kabin içi ortamda meydana gelen sıcaklık değişimi.	54
Şekil 4. 3 HIPL-10 cm uygulaması sonrasında kiraz örneklerinin görüntüleri.	56
Şekil 4. 4 HIPL-20 cm uygulaması sonrasında kiraz örneklerinin görüntüleri.	56

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4. 5 UV-C-10 cm lamba uygulaması kiraz örneklerinin görüntüleri.....	57
Şekil 4. 6 UV-C-10 cm lamba uygulaması kiraz örneklerinin görüntüleri.....	57
Şekil 4. 7 Yıkama uygulamaları ile <i>L. innocua</i> popülasyonundaki azalma miktarı (log N_0/N).	59
Şekil 4. 8 Dondurulmuş kiraz meyvesindeki <i>L. innocua</i> azalması (log N_0/N); HIPL (a), UV-C (b); 10 cm (●) ve 20 cm (○); standard sapma (I).....	60
Şekil 4. 9 HIPL-10 cm'de dondurulmuş kiraz meyvesinde Logaritmik Doğrusal Model ile <i>L. innocua</i> 'nın canlı kalma verileri.	66
Şekil 4. 10 HIPL-20 cm'de dondurulmuş kiraz meyvesinde Logaritmik Doğrusal Model ile <i>L. innocua</i> 'nın canlı kalma verileri.	66
Şekil 4. 11 UV-C-10 cm'de dondurulmuş kiraz meyvesinde Logaritmik Doğrusal Model ile <i>L. innocua</i> 'nın canlı kalma verileri.	66
Şekil 4. 12 UV-C-20 cm'de dondurulmuş kiraz meyvesinde Logaritmik Doğrusal Model ile <i>L. innocua</i> 'nın canlı kalma verileri.	67
Şekil 4. 13 Yıkama uygulamaları ile dondurulmuş kirazda TCB (a) ve TMK (b) inaktivasyonu.....	69
Şekil 4. 14 Yenilikçi ışık uygulamalarının dondurulmuş kirazdaki TCB ve TMK hücreleri üzerine inaktivasyon etkisi; 10 cm (●) ve 20 cm (○); HIPL ((a) (b)); UV-C ((c), (d))......	71
Şekil 4. 15 HIPL 10 cm uygulaması TCB Logaritmik Doğrusal Model.	75

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4. 16 HIPL 20 cm uygulaması TCB Logaritmik Doğrusal Model.	75
Şekil 4. 17 UV-C 10 cm uygulaması TCB Logaritmik Doğrusal Model.	75
Şekil 4. 18 UV-C 20 cm uygulaması TCB Logaritmik Doğrusal Model.	76
Şekil 4. 19 HIPL 10 cm uygulaması TMK Logaritmik Doğrusal Model.	77
Şekil 4. 20 HIPL 20 cm uygulaması TMK Logaritmik Doğrusal Model.	77
Şekil 4. 21 UV-C 10 cm uygulaması TMK Logaritmik Doğrusal Model.	77
Şekil 4. 22 UV-C 20 cm uygulaması TMK Logaritmik Doğrusal Model.	78

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 2. 1 Olgunlaşma zamanlarına göre bazı kiraz çeşitlerinin sınıflandırılması (Özçağırır vd., 2003).	9
Tablo 2. 2 Türkiye’de 2017 yılında en çok kiraz üretimi yapılan iller (TÜİK, 2019).	11
Tablo 2. 3 Taze ve dondurulmuş kiraz meyvesi besin içeriği (100 g meyve için) (USDA, 2021).	12
Tablo 2. 4 <i>Listeria monocytogenes</i> ’in büyüme ve hayatta kalma koşulları (Todd, 2007; Kataoka, 2017).	15
Tablo 2. 5 Bazı dezenfektanların mikrobiyal inaktivasyon etkisi (Joshi et al., 2013).	18
Tablo 2. 6 Gıda işleme hatlarında kullanılan bazı dezenfektanlar ve kullanım limitleri.	19
Tablo 2. 7 UV ışığın karakterize edilmesi (Pala ve Toklucu, 2010).	32
Tablo 3. 1 <i>L. innocua</i> kültürünün zamana bağlı absorbans değerleri.	41
Tablo 3. 2 Farklı lamba mesafesinde ve farklı ışınlama dozlarında UV-C uygulama süreleri.	42
Tablo 3. 3 Farklı lamba mesafesinde ve farklı ışınlama dozlarında HIPL uygulama süreleri.	44
Tablo 4. 1 Dekontaminasyon uygulamalarından sonra dondurulmuş kirazda canlı kalan <i>L. innocua</i> popülasyonu (log KOB/g).	58

TABLOLAR DİZİNİ (devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 4. 2 <i>L. innocua</i> hücrelerinin farklı lamba mesafesi ve enerji dozunda uygulanan UV-C ve HIPL işlemlerine göre inaktivasyon model parametreleri ve istatistiksel indekslerin karşılaştırılması.	65
Tablo 4. 3 Dekontaminasyon uygulamaları sonunda dondurulmuş kiraz örneklerindeki TMK ve TCB hücre sayısı (log KOB/g).	68
Tablo 4. 4 TCB hücrelerinin farklı lamba mesafesi ve enerji dozunda uygulanan UV-C ve HIPL işlemlerine göre inaktivasyon model parametreleri ve istatistiksel indekslerin karşılaştırılması.	74
Tablo 4. 5 TMK hücrelerinin farklı lamba mesafesi ve enerji dozunda uygulanan UV-C ve HIPL işlemlerine göre inaktivasyon model parametreleri ve istatistiksel indekslerin karşılaştırılması.	76
Tablo 4. 6 Her uygulama için kirazların ağırlık kaybı, pH, SÇMK ve TTA değerleri.	79
Tablo 4. 7 Yıkama, UV-C ve HIPL uygulamalarıyla işlenen dondurulmuş kiraz meyvesinin toplam monomerik antosiyanin madde miktarı (TAM) (mg cyd-3-glu/g).	82
Tablo 4. 8 Yıkama, UV-C ve HIPL uygulamalarıyla işlenen dondurulmuş kiraz meyvesinin toplam fenolik madde miktarı (TFM) (mg GAE/g).	85
Tablo 4. 9 Yıkama, UV-C ve HIPL ile işlenen kirazların sertlik değerleri (N). ...	87
Tablo 4. 10 Yıkama, HIPL ve UV-C ile işlem görmüş örneklerin renk değerleri.	89
Tablo 4. 11 Duyusal analiz sonuçları.	90

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

ΔT

Sıcaklık farkı

$^{\circ}\text{Bx}$

Briks derecesi

cm

Santimetre

g

Gram

J

Joule

N

Newton

s

Saniye

sa

Saat

T

Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)

W

Güç

Kısaltmalar

Açıklama

BSPL

Yüksek yoğunluklu geniş spektrumlu darbeli ışık

cm^2

Santimetre kare

cyd-3-glu

Siyanidin-3-glukozid

dk.

Dakika

DSMZ

Alman mikroorganizma ve hücre kültürü koleksiyonu

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
GAE	Gallik asit eşdeğeri
HIPL	Yüksek yoğunluklu vurgulu ışık
Hz	Hertz
ILP	Yoğun ışık vurgusu
IQF	Bireysel hızlı dondurma
kJ	Kilo joule
KOB	Koloni oluşturan birim
mJ	Milijoule
mL	Mililitre
nm	Nanometre
NRRL-B	Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı, Tarım Araştırma Servisi Kültür Koleksiyonu
ppm	Derişim (mg/L veya mg/kg)
ppmv	Derişim

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
PUV	Vurgulu UV ışık
PWL	Vurgulu beyaz ışık
SÇKM	Suda çözünür kuru madde
SPSS	Statistical package for the social sciences
TAM	Toplam monomerik antosiyanin miktarı
TCB	Toplam canlı bakteri
TFM	Toplam fenolik madde
TMK	Toplam maya ve küf
TTA	Toplam titre edilebilir asit
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UV	Ultraviyole

1. GİRİŞ

Gün geçtikçe sağlıklı yaşama ve dolayısıyla sağlıklı gıda tüketimine olan ilgi artmaktadır. Meyveler ihtiva ettiği vitamin, mineral ve antioksidan maddeler nedeniyle sağlıklı beslenmede önemli bir yer tutan gıda gruplarıdır (Çakmakçı vd., 1997; Luksiene et al., 2013; McMullin et al., 2019). Ayrıca, içerdikleri yüksek oranda biyoaktif bileşik maddeler (askorbik asit ve β -karoten) serbest radikallere karşı reseptör olarak görev yaparak bazı kronik hastalıkların oluşum riskini azaltmada önemli rol oynamaktadır (Huang et al., 2014; Tango et al., 2017; De Corato et al., 2020). Bu nedenle tüketicilerin yüksek besleyici değere sahip, taze, doğal ve sağlıklı gıdalara yönelik talebi artmış olup, meyve işleme endüstrisi de önemli hale gelmiştir (Niyaz, 2011).

Ülkemiz coğrafi konumu, üretime uygun verimli ve geniş tarım alanları, değişik bölgelerin ekolojik farklılıkları sayesinde hemen her mevsimde birçok meyve çeşidi için yüksek üretim potansiyeline sahiptir (Niyaz, 2011). Ayrıca, sahip olduğu ekolojik çeşitlilik nedeniyle dış pazara daha erken dönemde daha kaliteli ürün sunma imkanına sahiptir (Çelik ve Sarıaltın, 2019). Sahip olunan bu avantajların iyi kullanılması durumunda, meyve dış pazarında söz sahibi ülkeler arasına girmek ve yüksek düzeyde gelir elde etmek mümkün görülmektedir (Çelik ve Sarıaltın, 2019).

Kiraz, ılıman iklim meyvesi olup, taze olarak tüketilen meyveler arasında dünyada ve ülkemizde ilk sıralarda yer almaktadır. Kendine has tat, aroma ve albenisinin olması; çocuklar tarafından zevkle ve kolaylıkla yenilebilmesi nedeniyle, hem iç hem de dış pazarlarda tüketicinin ısrarla talep ettiği ve severek tükettiği bir meyvedir (Gülcan vd., 1995; Koçak ve Bal, 2017). Sofralık tüketimi daha fazla olup bununla birlikte sanayide bireysel hızlı dondurulmuş (IQF), meyve suyu, şarap ve konserve olarak farklı şekillerde işlenebilmektedir (Coşar ve Canan, 2019).

Kiraz meyvesi, çeşitli meyveler arasında piyasa değeri yüksek olan ancak en çabuk bozulan meyvelerden biridir. Yüksek terleme ve solunum hızı, yumuşak dokusu, maya ve küf çürüklerine yatkınlığı, fiziksel hasarlara karşı savunmasızlığı

ve mikrobiyolojik bozulmalara karşı oldukça elverişli olması nedeniyle hasat sonrasında hızla kalite kaybına uğramaktadır (Muzaffar et al., 2016). Tüm bu özellikler göz önüne alındığında, kiraz meyvesinin hasat edilmesinden tüketiciye ulaşmasına kadar olan süreçte meydana gelebilecek kalite kayıplarının önüne geçebilecek önlemlerin alınması gerekmektedir (Koçak ve Bal, 2017).

Taze kiraz meyvesinin mikrobiyolojik bozulmaların büyük çoğunluğu mayaların, küflerin ve çürümeye neden olan diğer mikroorganizmaların gelişmesi sonucu meydana gelmektedir (Coşar ve Canan, 2019). Taze meyvenin depolanması sırasında mikrobiyolojik, kimyasal, fiziksel ve organoleptik kalite özelliklerini koruması amacıyla çeşitli önlemler alınmaktadır. Soğuk depolama ve dondurarak muhafaza işlemlerinde gıdayı bozan çoğu mikroorganizmanın gelişmesinin önüne geçilebilmekte, üründe meydana gelen fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar yavaşlatılabilmektedir (Coşar ve Canan, 2019).

Dondurulmuş meyvenin uzun süre depolanabilmesi, mevsim kısıtlamasının ortadan kalkması, gıdanın besin değerini neredeyse hiç kaybetmemesi, kolay işlenebilir olması ve tüketiciye kullanım kolaylığı sağlaması gibi nitelikler bu ürünlerin önemini arttıran özellikleridir (Topaloğlu ve Gülten, 2002). Dondurulmuş meyve tüketimine yönelik artan ilgi ile birlikte gıda kaynaklı hastalıkların görülme sıklığı da artmıştır (Corato, 2020). Bu durum tüketicilerin bu ürünlerin mikrobiyal güvenliğine ilişkin endişelerini de beraberinde getirmektedir (Xu et al., 2016; Corato, 2020).

Dondurulmuş meyveler, ısı kullanılarak pastörizasyon veya eşdeğer inaktivasyon aşamaları olmadan üretildiğinden, yaş meyvede bulunabilecek patojenik bakterilerinin, mikotoksijenik ve bozulma yapan mantarlarının, virüslerin ve diğer parazitlerin (böcekler, akarlar) yanı sıra spor oluşturmayan ve spor oluşturabilen patojenlerin varlığı, insan sağlığı için potansiyel bir tehdit unsuru olmaktadır (Gilbert et al., 2000; Corato, 2020). Bu nedenle etkili bir dondurulmuş meyve üretim sistemi kimyasal bazlı yıkama ve/veya ürüne uygun fiziksel dekontaminasyon uygulamaları ile soğukta depolama süreci gerektirmektedir (Corato, 2020).

Gıda endüstrisinde dondurulmuş meyve ve sebzelerin üretimi ve muhafazası sırasında gıdanın raf ömrü boyunca kalitesini korumak amacıyla çeşitli kimyasallar ve bunların kombinasyonları kullanılmaktadır (Nerin et al., 2016). Ancak işletmelerde gıda ile temas eden yüzeylerde patojen mikroorganizmaların varlığı, çapraz bulaşmaya neden olmakta ve hastalık riskini arttırmaktadır (Nerin et al., 2016). Bu nedenle gıda kontaminasyonunun gıdaların işlenmesi sırasında gerçekleşebileceği ana noktaların belirlenmesi ve bu kontaminasyonların önlenmesine yönelik çalışmalar artmıştır (Nerin et al., 2016).

Dondurulmuş gıda üretim hattında mikrobiyal bulaşmanın meydana gelebileceği yerler depolama alanları, taşıma bantları, gıda işleme ünitesi (kesme, kabuk soyma, çekirdek çıkarma vb.), dondurma ünitesi, paketlenme ünitesi olarak sıralanabilmektedir (Nerin et al., 2016). Gıda üretim hatlarında yüksek kapasiteler ile çalışıldığından, kiraz gibi çekirdekli meyvelere uygulanan çekirdek çıkarma işlemi çoğu zaman etkin bir şekilde gerçekleştirilememektedir. Çekirdek çıkarma işleminden hemen sonra dondurma işlemi uygulanan çekirdekleri çıkarılamamış kirazlar, çekirdekleriyle birlikte dondurulmaktadır. Bu nedenle çekirdek çıkarma işlemi dondurulmuş kirazlar için tekrarlanmaktadır. Dondurulmuş meyveye uygulanan çekirdek çıkarma işleminden sonra ürünlere tekrar yıkama işlemi uygulanmadığından, bu aşamada meydana gelen mikrobiyal kontaminasyon dondurulmuş kiraz üretim hatlarında önemli bir problem oluşturmaktadır. Bu nedenle dondurulmuş gıda üretiminde son üründe mikrobiyolojik tehlikeleri azaltmak için hem gıda hem de gıda temas yüzeylerinin etkili bir şekilde sanitasyonu yapılmalıdır (Park and Kang, 2017).

Gıda üretim ortamlarında sıkça yaşanan bir problem olan gıda kontaminasyonu hem ürün kalitesine zarar vermekte hem de insan sağlığı için önemli bir risk teşkil etmektedir (Nerin et al., 2016). Dondurulmuş meyve üretimi sırasında meyve özellikle toprak kaynaklı mikroorganizmalar tarafından kontamine olmaktadır. Gelişmesi ve canlılığını devam ettirebilmesi için geniş bir sıcaklık ve pH aralığını tolere edebilen *L. monocytogenes*, gıda işletmelerinde gıda işleme ekipmanlarının yüzeylerinde gelişerek, özellikle kiraz gibi düşük asitliğe (pH=3.4-4.8) ve yüksek nem içeriğine sahip meyve yüzeylerine kolayca kontamine olabilen gıda kaynaklı bir patojendir (Aarsilano et al., 2007).

L. monocytogenes, listeriosis olarak bilinen gıda kaynaklı hastalığa neden olan patojenik bir bakteridir ve gıda kaynaklı ölümlerin birincil nedenidir (Luksiene et al., 2013). Amerika’da her yıl tahminen 1.600 kişi listeriosise yakalanmakta ve yaklaşık 260 kişi ölmektedir. Enfeksiyon yüksek olasılıkla hamile kadınları ve yeni doğanları, 65 yaş ve üstü yetişkinleri ve bağışıklık sistemi zayıflamış kişileri hasta etmektedir (FDA, 2020c).

Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi 2010 yılında ABD’de 568 insanda listeriosis vakası ve 92 ölüm bildirmiştir. Dahası, 2010 yılında 26 AB üye ülkesi tarafından toplam 1601 doğrulanmış listeriosis vakası rapor edilmiştir. Çiğ süt ve peynir, çiğ meyve ve sebzeler, yemeye hazır et ve çiğ ve yenmeye hazır deniz ürünleri dahil olmak üzere birçok gıda ürünü *L. monocytogenes* kontaminasyonu ile ilişkilendirilmiştir (Luksiene, 2013; CDC, 2020).

EFSA 2020 yılında açıkladığı bildiride 2005-2018 yılları arasında AB’de gıda kaynaklı hastalık vaka sayısına dayanarak, dondurulmuş meyve, sebze ve otlarda *L. monocytogenes* varlığının halk sağlığı için bir tehdit unsuru olduğunu vurgulamıştır (EFSA, 2020). Yapılan araştırmada *L. monocytogenes* kaynaklı gıda salgınında süt ürünlerinden 47 vaka, deniz ürünlerinden 63 vaka, et ürünlerinden 190 vaka tespit edilmiştir. Dondurulmuş sebzelerle ilgili vakalar sadece 2018 yılında bildirilmiş, 46 vaka 5 ölüm ile sonuçlanmıştır (EFSA, 2020).

Dondurulmuş gıda işleme hatlarında mikrobiyal inaktivasyon sağlamak amacıyla yaygın olarak klor ve klor içeren kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Bu maddelerin canlı organizmalar üzerinde hücre difüzyonu mekanizmasını bozma, enzimleri oksitleme gibi farklı etkiler gösterdiği belirtilmektedir (Ayhan ve Bilici, 2015). Ancak, dondurulmuş kiraz üretim hatlarının ulaştırılması en güç noktalarında biyofilm oluşturan *L. monocytogenes*’e karşı bu kimyasal maddelerin yıkama havuzlarında yasal limitler dahilinde kullanıldıkları konsantrasyonda etkili bir dekontaminasyon sağlanamamakta, ürün dezenfeksiyonunda bu uygulamalar yetersiz kalmaktadır (Lunde’n et al., 2003; Aarnisalo et al., 2007).

Ülkemizde dondurulmuş gıdaların dezenfeksiyonu amacıyla bu tür kimyasal maddelerin kullanımı özellikle tarımsal ürünlerin Amerika ve Avrupa ülkelerine ihracatında önemli bir problem oluşturmaktadır. Avrupa ülkelerinde bu tür kimyasal dezenfektanların güvenlik ve etkinlik sorunları nedeniyle taze ürünlerin dekontaminasyonuna yönelik kullanımları sınırlandırılmış (maksimum kalıntı miktarı 0.01 mg/kg) (Regulation (EC) 396/2005), ayrıca Avrupa Birliği organik tarım yasaları organik gıda üretiminde bu tür kimyasalların kullanımını yasaklamıştır (European Commission, 2016).

Tüm bu nedenler doğrultusunda dondurulmuş kiraz üretiminde olası *L. monocytogenes* problemini ortadan kaldırmak ve mikrobiyal güvenliği sağlamak amacıyla kimyasal çözeltilerle yıkama işlemlerine alternatif yenilikçi gıda işleme teknolojileri araştırılmaktadır (Garcia and Heredia 2017; Deng et al., 2019).

Günümüzde tüketicilerin sağlıklı, besleyici değeri yüksek ve mikrobiyolojik olarak güvenilir gıdaları tercih etmeleri ile kimyasal dezenfektanlara alternatif gıda dekontaminasyon yöntemlerine olan ilgiyi de arttırmıştır. Bu yöntemlerden biri olan yüksek yoğunluklu vurgulu ışık teknolojisi (HIPL), patojenik ve gıdaların bozulmasına neden olan mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesi için geliştirilmiş bir ışık teknolojisidir (Panozzo et al., 2016). HIPL işlemi, 1996 yılından beri gıdaların yüzey dekontaminasyonu amacıyla kullanılmaktadır (U.S. Food and Drug Administration, 1996; Rowan, 2019). HIPL uygulamasında geniş spektrumlu beyaz ışık (200-1100 nm) yüksek güçte çok kısa sürelerle (1 μ s-0.1 s) vurgular şeklinde yüzeylere uygulanmaktadır (Güven ve Yıldız, 2016). Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından, gıdaların üretimi, işlenmesi ve taşınması sırasında vurgulu ışığın kullanılmasında izin verilen maksimum enerji dozu 12 J/cm²'dir (Panozzo et al., 2016; U.S. Food and Drug Administration, 2020a).

Literatür çalışmaları incelendiğinde; dondurulmuş meyvelerin mikrobiyal dekontaminasyonu amacıyla HIPL teknolojisinin kullanımı ile ilgili çalışmalara rastlanmamıştır. HIPL teknolojisinin taze meyve ve sebzeler üzerine etkilerinin incelendiği çalışmaların sayısı ise son yıllarda artmıştır. Yapılan bu çalışmalar değerlendirildiğinde HIPL işlemi, çok kısa işlem sürelerinde gıdada etkili mikrobiyal inaktivasyon oranları yakalaması, gıda materyalinde istenmeyen

kalıntılar bırakmaması, enerji maliyetinin yüksek olmaması ve çevreye dost bir teknoloji olmasıyla öne çıkmaktadır (Panozzo et al., 2016).

Kimyasal dekontaminasyon işlemlerine alternatif bir diğer ışık teknolojisi ise UV-C uygulamasıdır. Ultraviyole ışık gıda sanayinde gıdaların muhafazası ve gıda ekipmanlarının sterilizasyonu amacıyla uygulanan ısıl olmayan yeni teknolojilerden biridir (Güven ve Yıldız, 2016). Bu uygulamanın temel prensibi, görünen ışık ile X ışınları arasındaki ultraviyole (UV) bölgede yer alan 200-300 nm dalga boyundaki elektromanyetik UV-C ışınlarının mikroorganizmalar üzerindeki öldürücü etkisinden yararlanarak mikroorganizmaların inaktive edilmesidir (Güven ve Yıldız, 2016). Bu teknolojinin içme suyu, gıda ile temas eden yüzeylerin, sıvı ve katı gıdaların dekontaminasyonu için ticari olarak kullanımı FDA tarafından onaylanmıştır (United States Food and Drug Administration, 2000; Butot et al., 2018).

Literatür çalışmaları incelendiğinde; dondurulmuş meyvelerin mikrobiyal dekontaminasyonuna yönelik UV-C uygulamalarının incelendiği sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmalar değerlendirildiğinde, UV-C uygulamasının bir dekontaminasyon yöntemi olarak tek başına kullanımının gıda kaynaklı patojenleri etkisiz hale getirmek için yeterli olmadığı, diğer teknolojilerle kombine kullanımında başarılı sonuçlar elde edilebileceği sonucuna varılmaktadır.

Isıl olmayan yeni ışık teknolojileri ülkemizde ve dünyada dondurulmuş meyve endüstrisinde yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bu durum, ürün ve hedef mikroorganizma için sanayiye uygun uygulama parametrelerinin belirlenmemesinden ve yasal düzenlemelerin eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, ısıl olmayan yeni gıda muhafaza tekniklerinin ilk yatırım maliyetlerinin yüksekliği, her gıdaya uygulanamaması, sanayicilerin yeni tekniklerden tam olarak haberdar olmamaları söz konusu yeni tekniklerin yaygınlaşmasının önündeki en önemli sorunlardır. Bu yeni tekniklerin birbirleri ile ya da geleneksel ısıl işlemlerde karşılaştırıldığı laboratuvar ve sanayi araştırmalarının yok denecek kadar az olması da önemli bir eksiklik olarak görülmektedir (Güven ve Yıldız, 2016).

Bu tez çalışması kapsamında, dondurulmuş kiraz meyvesinde *Listeria monocytogenes* dekontaminasyonu üzerine kimyasal dezenfektanlar yerine alternatif ışık teknolojilerin etkisinin araştırılması (HIPL ve UV-C) ve dekontaminasyon uygulamalarının meyve kalitesi üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Dondurulmuş meyve üretim hatlarında sezonda yüksek kapasiteler ile çalışıldığından, çekirdek çıkarma makinelerinin kapasitesinin üzerindeki meyveler çekirdekli olarak dondurulmakta ve sezon bitiminde bu çekirdek çıkarma işlemi dondurulmuş meyveler için tekrarlanmaktadır. Dondurulmuş meyveye çekirdek çıkarma işleminden sonra herhangi bir sanitasyon işlemi uygulanmadığından, üründe meydana gelebilecek kontaminasyon riski son üründe önemli bir tehlike unsuru haline gelmektedir. Yapılan tez çalışmasının diğer hedefleri arasında endüstriyel uygulamalarda dondurulmuş kiraz üretim hatlarında taze ve dondurulmuş meyvelerdeki çekirdek çıkartma işlemleri, X-Ray ayırma işlemleri ve dondurma işlemleri (IQF) gibi mikrobiyal kontaminasyon riski teşkil eden işlemler sırasında üründe meydana gelebilecek *Listeria* kontaminasyonunu minimuma indirmek yer almaktadır. Böylelikle endüstriyel uygulamalarda paketleme öncesi son üründe hedeflenen mikrobiyolojik yük azalışının sağlanamaması gibi problemlerin aşılması amaçlanmaktadır. Ayrıca, Amerika ve Avrupa ülkelerine ihracat sırasında organik ürünlerde klor kullanımı kısıtlaması vardır. Yapılan tez çalışması ile hedeflenen diğer amaçlardan biri de, ülkemizde ihracat potansiyeli yüksek olan dondurulmuş meyve üretiminde klor kullanımını ortadan kaldırmak veya minimum düzeyde kullanmak suretiyle gıda güvenliği açısından risk taşımayan dondurulmuş ürünler üretmektir.

2. GENEL BİLGİLER

Literatürde ışık uygulamaları ve kimyasal dezenfektanlar ile işlenmiş taze meyvelerin mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelendiği çalışmalar yer almaktadır. Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan kiraz meyvesi, gıdalara uygulanan muhafaza yöntemleri ve kiraz meyvesinin HIPL, UV-C ve kimyasal dezenfektanlar kullanılarak işlenmesi konusunda yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

2.1. Kiraz Hakkında Genel Bilgiler

2.1.1. Kiraz meyvesi, çeşitleri ve tarihçesi

Kiraz (*Prunus avium*), yüksek besin içeriği, çekici görünümü ve kendine has lezzetli tadı ile çokça talep edilen ilkbahar-yaz meyvesidir (Nastić et al., 2020). Bu özellikleriyle kiraz meyvesi Akdeniz ve Orta Avrupa, Kuzey Afrika, Yakın ve Uzak Doğu, Güney Avustralya ve Yeni Zelanda ve Amerika'nın ılıman bölgelerinde en beğenilen meyveler arasında yer almaktadır (Mariette et al., 2010; Basanta et al., 2014; Faienza et al., 2020).

Kiraz (*Prunus avium L.*)'ın taksonomisi incelendiğinde, Rosaceae familyası, Prunoideae alt familyası, Prunus cinsine girdiği belirtilmektedir (Öz, 1998; Çelik ve Sariatın, 2019). Kirazın anavatanı Güney Kafkasya, Hazar Denizi ve Kuzeydoğu Anadolu arasındaki bölge olarak bilinmektedir (Özbek, 1978; Kaplan, 2019). Bu gen merkezlerinden kirazın dünyaya yayılmasında kuşlar, medeniyetler arası savaşlar ve ticari ilişkilerin önemli rol oynadığı tahmin edilmektedir (Özbek, 1978; Aktürk, 2009).

Kirazın ilk olarak ne zaman kültür meyvesi olarak yetiştirilmeye başlandığı bilinmemektedir. Ancak eski döneme ait belgeler incelendiğinde, kiraz kültürü yetiştiriciliğinin milattan önceki zamanlarda Yunanistan ve İtalya'da yapılmaya başlandığı anlaşılmaktadır. Kiraz yetiştiriciliği bugün, Dünya'nın ılıman iklim kuşağında yer alan birçok ülkede yapılmaktadır (Özçağırın vd., 2003).

Yapılan araştırmalar doğrultusunda kiraz meyvesinin 1500'e yakın çeşiti olduğu belirlenmiştir (Başkaya, 2011). Yapılan ıslah çalışmalarıyla, her yıl yeni çeşit kiraz meyvesi dünyaya sunulmaktadır (Aktürk, 2009). Ancak ticari amaçla yetiştiriciliği yapılan kiraz çeşit sayısı ise sınırlıdır (Başkaya, 2011). Günümüzde lkemizde 24 çeşit kiraz üretilmekte, üretilen çeşitlerin en yaygın olanları ise 0900 Ziraat, Early Burlat, Vista, Starks Gold, Napolyon, Noble ve Lambert olarak adlandırılmaktadır (Başkaya, 2011).

Bazı kiraz çeşitlerinin olgunlaşma zamanlarına göre sınıflandırılması Tablo 2.1'de yer almaktadır.

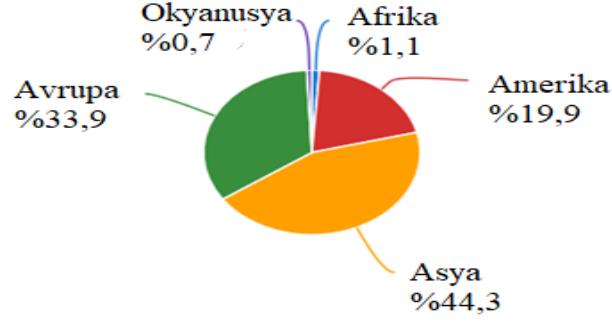
Tablo 2. 1 Olgunlaşma zamanlarına göre bazı kiraz çeşitlerinin sınıflandırılması (Özçağıran vd., 2003).

Çok Erken	Erken	Orta Erken	Orta	Orta Geç	Geç	ok Geç
Turfanda	E.Burlat	Vista	Sapıkısa	Van	Lambert	0900-Ziraat
Kırdar	Acı Bursa	Jaboulay	Karakiraz	Stella	Hedelfinger	Dalbastı (Malatya)
H. Efendi	Early Rivers	Altıparmak	E.Van Compact	Sunburst	Windsor	Merton Late
akır	Edirne	Abdullah Tabanlı	Adriana Fercer	Sylvia Summit	B.Gaucher Jubilee	Ferblus Tardive
	B.Moreau	Yakacık Macesse Merpet	Noir de Guben Diana	Larian Schmidt Bing	Karabodur Reverchon Merton Marvel	Gautier Bianca
		Honaz S.H.Giant		B.Napolyon Bela di Pistoia Merton Bigarreau	Noble Lapins	
		Honey Heart Merton		Napolyon(k) Sam	Karakiraz (Elazığ) Alma	
		Premier			B. Rote Knorpel	
		Merton Bounty Berryessa				

2.1.2. Kirazın dünyada ve ülkemizdeki üretimi ve ekonomik değeri

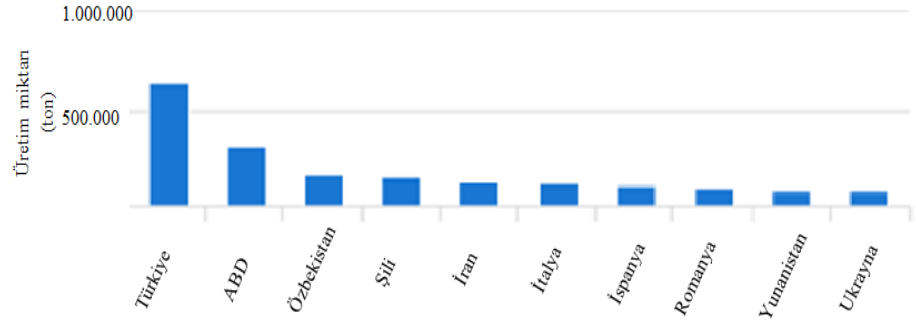
Kiraz meyvesi, iç pazarda ve dünya pazarlarında aranılan bir ürün olmasıyla gıda endüstrisinde de önemli bir paya sahiptir (Eroğlu, 2016). Tüm dünyada yaygın olarak yetiştirilen kiraz meyvesinin bir kısmı sofralık olarak kullanılırken

bir kısmı da işlenerek gıda endüstrisinde yer almaktadır (Chaovanalikit and Wrolstad, 2004; Eroğul, 2016). İşlenmiş kiraz ürünlerinden meyve suyu, meyve jölesi, şarap, meyve kompostosu, kurutulmuş meyve ve dondurulmuş meyve oldukça yaygın ürünlerdir (Vasylyshyna, 2016).



Şekil 2. 1 Dünyada kiraz üretimi (FAO, 2020).

Dünyada geniş bir yayılıma sahip olan kiraz, 2018 yılında 432,314 ha alanda 2.547.944 ton seviyesinde üretilmiştir. Kirazın üretildiği bölgeler arasında 2018 yılı FAO verilerine göre %44.3 oran ve 1.129,232 ton ile Asya kiraz üreticiliğinde birinci sırada yer almaktadır (Şekil 2.1) (FAO, 2020).



Şekil 2. 2 Dünyada kiraz üretiminde lider ülkeler-2018 verileri (FAO, 2020).

Dünya’da 2018 yılları arasında kiraz üretiminde lider ülkeler incelendiğinde ise 639,564 ton kiraz üretimiyle Türkiye 1. sırada yer almaktadır (Şekil 2.2) (FAO, 2020). 2019 TÜİK verilerine göre Türkiye’de 664.224 ton kiraz üretimi

gerçekleştirilmiş, bir önceki yıla göre üretim miktarı %3.9 artış göstermiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020).

Anadolu coğrafyası gerek farklı ekolojik bölgelere sahip olması gerek kiraz çeşitlerinin farklı olgunlaşma zamanlarına uygun iklim özelliklerine sahip olmasıyla erkenci, orta ve geç kiraz çeşitlerinin yetiştirilmesinde önemli potansiyele sahiptir (Paydaş vd., 1998; Erdem vd., 2013). Türkiye'nin hemen hemen her ilinde kiraz yetiştirilebilmekle birlikte, en yoğun üretim Ege bölgesindedir (Çelik ve Sarıaltın, 2019). Ege bölgesi, Türkiye üretiminin %28'ini karşılamaktadır (TÜİK, 2019; Çelik ve Sarıaltın, 2019).

Kiraz üretiminde önde gelen başlıca illerimiz Kemalpaşa (İzmir), Manisa, Akşehir (Konya), Sultandağı (Afyon), Uluborlu (Isparta), Honaz (Denizli), Hadim ve Taşkent (Konya) olarak sıralanabilmektedir (Tablo 2.2).

Tablo 2. 2 Türkiye’de 2017 yılında en çok kiraz üretimi yapılan iller (TÜİK, 2019).

Başlıca iller	Meyve veren ağaç sayısı (adet)	Üretim miktarı	Verim (kg)
Konya	1923141	68204	35
İzmir	3008417	57892	19
Bursa	1395747	52235	37
Manisa	2365880	47348	20
Afyonkarahisar	667095	41043	62
Amasya	820070	36444	44
Isparta	1182445	36275	31
Niğde	606716	27012	45
Diğer	8910252	260679	29
Toplam	20879763	627132	30

Anadolu coğrafyasının sahip olduğu ekolojik çeşitlilik ve iklim özellikleri nedeniyle dış pazarlara daha erken dönemlerde ve daha kaliteli ürün sunma imkanına sahiptir. Kiraz yetiştiriciliğinde söz sahibi Avrupa ülkelerinde, yetiştirilen pazar değeri yüksek, kaliteli ve erkenci çeşitlerde de ülkemiz önemli potansiyele sahiptir. Ekolojik faktörler yönünden sahip olunan avantajın iyi kullanılması durumunda, kiraz dış satımında söz sahibi ülkeler arasına girmek ve

ülkemize önemli seviyede döviz getirisi elde etmek mümkün görülmektedir (Sütyemez ve Eti, 1999; Çelik ve Sarıaltın, 2019; Kaplan, 2019).

2.1.3. Kirazın beslenmedeki önemi ve sağlığa etkisi

Kiraz meyvesi, önemli besin gruplarına ve biyoaktif gıda bileşenlerine sahip kalorisi düşük besin içeriği yoğun bir gıda olarak kabul edilmektedir. Yapılan çalışmalar biyoaktif bileşenlerce (vitamin C, lifler, antosiyaninler, quercetin ve karotenoidler) zengin kirazın, kanser, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve diğer enflamatuar hastalık türlerini önleyici ve/veya azaltıcı etkilere sahip potansiyel rollere sahip olduğunu rapor etmektedir (McCune et al., 2010). Ayrıca, kiraz meyvesi halk arasında iştahı ve sindirimi düzenleyen, susuzluğu gideren ve antiseptik ve balgam söktürücü etkiye sahip bir diyet ürünü olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Vasylyshyna, 2016).

Taze ve donmuş kiraz meyvesi ile ilgili yapılan çalışmalarda kiraz meyvesi bileşim ögeleri Tablo 2.3'te gösterilmiştir.

Tablo 2. 3 Taze ve dondurulmuş kiraz meyvesi besin içeriği (100 g meyve için) (USDA, 2021).

Besin İçeriği	Kiraz	Dondurulmuş kiraz
Enerji (kcal)	63	46
Protein (g)	1.06	0.92
Yağ (g)	0.2	0.44
Karbonhidrat (g)	16.0	11
Lif (g)	2.1	1.6
Glisemik İndeks	22	-
C Vitamini (mg)	7	1.7
Potasyum (mg)	222	124
B-karoten (µg)	38	-
Lutein/Zeaksantin (µg)	85	61
Toplam Antosiyanin (mg)	80.2	-
Kuarsetin (mg)	2.64	-

Kiraz meyveleri, organik maddeler, vitaminler ve eser elementlerin kaynağı olmakla birlikte sağlığa yararlı bu maddelerin kullanımı yalnızca kirazın olgunlaşma süresi ile (10 ila 15 gün) sınırlıdır. Bu nedenle, bu süreyi uzatmanın

ve yılın her mevsiminde yüksek besleyici değere sahip kiraz tüketebilmenin bir yolu olarak gıda muhafaza yöntemlerine ihtiyaç vardır.

Gıda muhafaza yöntemlerinden dondurma işlemi kiraz meyvesinin lezzet ve besin içeriğinin koruyan bir yöntemdir (Vasylyshyna, 2016).

2.2. Gıdaların Dondurularak Muhafazası

Ülkemizde 1970’li yıllarda gelişmeye başlayan dondurma teknolojisi özellikle son yıllarda, gıda muhafazasında sıkça kullanılan bir yöntem olmuştur (Sürel, 2012; Hekimoğlu ve Altindeğer, 2019). Dondurma teknolojisinin kullanıldığı gıda sektörleri incelendiğinde, et ve et ürünleri sanayi, tahıl endüstrisi ve meyve sebze sanayi gibi sektörler karşımıza çıkmaktadır (Sürel, 2012). Bu sektörler arasında meyve sebze sanayinin yeri gün geçtikçe önem kazanmaktadır (Sürel, 2012). Ülkemizde dondurularak muhafazası sağlanan başlıca meyveler çilek, vişne, üzüm, erik, incir, ahudududur (Hekimoğlu ve Altindeğer, 2019).

Taze kiraz meyveleri yüksek nem içeriği ve hasattan sonra devam eden metabolik faaliyetleri dolayısıyla hızla duyusal ve besinler kayıplara uğramakta ve muhafazaları problem oluşturmaktadır (Wani et al., 2014). Bu nedenle, taze kiraz meyvelerin raf ömrünü uzatmak, kimyasal, fiziksel ve besinsel özelliklerini korumak amacıyla çeşitli gıda muhafaza yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Wani et al., 2014).

Dondurma işlemi taze kiraz meyvelerinin orijinal lezzetinin ve biyoaktif bileşenlerinin uzun süreli muhafaza edilmesi için uygulanan en uygun işlemlerden biridir (Demiray ve Tülek, 2010; Vasylyshyna, 2016). Ayrıca, dondurarak muhafaza birçok meyve ve sebzenin kalite özelliklerini taze ürüne oldukça yakın tutan bir uygulama olduğu için meyve ve sebze endüstrisinde sıklıkla tercih edilmektedir (Chassagne-Berces et al., 2010).

Dondurma işlemi bir çeşit gıda muhafaza yöntemi olarak, gıdaların yapısında bulunan ısıнын bir soğutucuya aktararak uzaklaştırılması olarak tanımlanmaktadır. Gıdanın yapısında bulunan ısı uzaklaşırken gıda maddesinde

yer alan su faz değiştirerek sıvı halden buz hale geçmektedir (Hekimoęlu ve Altindeęer, 2019). Gıdaların dondurulması ise, gıdanın sıcaklığının donma noktasının altındaki bir sıcaklığa dūřurulmesiyle yapıda yer alan serbest suyun önemli bir kısmının buz kristallerine dnūřturulmesidir (Demiray ve Tūlek, 2010).

Meyve ve sebzeler yapılarında %85-90 arasında serbest su bulunduran gıdalardır. Bu suyun buz kristallerine dnūřturulmesiyle ürünlerin su aktivitesi dūřmektedir. Dūřk sıcaklık ve azalan su aktivitesi gıdalarda meydana gelebilecek kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlar ile mikrobiyal faaliyetleri hızını önemli oranda azaltmaktadır (Demiray ve Tūlek, 2010). Ayrıca, dūřk sıcaklıklarda solunum hızı da önemli derecede azalmaktadır (Chassagne-Berces et al., 2010).

Dondurma işlemi ile meyve endüstrisinde mevsim kısıtlamasının ortadan kalkması, ürünlerin uzak pazarlara taşınabilmesi, taze meyvelerin besin değerini neredeyse hiç kaybetmemesi, katkı maddesi içermemesi, ürünün kolay işlenebilir olması ve tüketicide kullanım kolaylığı sağlaması gibi avantajlar bu uygulamanın önemini arttırmaktadır (Topaloğlu ve Gülten, 2002). Ancak dondurulmuş meyve tüketime yönelik artan ilgi ile birlikte gıda kaynaklı hastalıkların görülme sıklığı da artmıştır (De Corato, 2020). Bu durum tüketicilerin bu ürünlerin mikrobiyal güvenliğine ilişkin endişelerini de beraberinde getirmektedir (Xu et al., 2016; Corato, 2020).

2.3. *Listeria monocytogenes*'in zellikleri

Taze meyve ve sebze gibi taze ürünler, gıda kaynaklı hastalıklara yol açan patojenik mikroorganizmaların önemli taşıyıcıları olarak kabul edilmektedir (lmez and Kretzschmar, 2009; Joshi et al., 2013). 2013 yılı verilerine göre yalnızca Amerika Birleşik Devletleri'nde 48 milyon insanı etkileten gıda kaynaklı hastalıkların ekonomik maliyeti ise 50 milyar doların üzerindedir (Bermúdez-Aguirre and Barbosa-Cánovas, 2013; Joshi et al., 2013). *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella* spp. ve *Listeria monocytogenes*, bu tür salgınlarla ilişkili en yaygın mikroorganizmalardan bazılarıdır (Sapers, 2001; Joshi et al., 2013).

Listeriaceae familyasında yer alan *Listeria* türleri içerisinde en patojenik tür olan *Listeria monocytogenes* Gram (+), kısa kokobasil şeklinde, katalaz pozitif, oksidaz negatif, sporsuz ve kapsülsüz bir bakteridir (Lorber, 2014; Sağlam ve Şeker, 2016).

Listeria'ya ilk olarak 1891 yılında Alman hastalardan alınan örneklerde rastlanılmıştır (Yavuz ve Korukluoğlu, 2010). Bu mikroorganizma 1929'dan beri insanlarda patojen, 1981'den beri ise gıda kaynaklı patojen olarak tanınmaktadır (Kılınç, 2001).

Tablo 2.4'te *L. monocytogenes*'in gelişmesi için gerekli maksimum ve minimum ortam koşulları yer almaktadır.

Tablo 2. 4 *Listeria monocytogenes*'in gelişme koşulları (Todd, 2007; Kataoka, 2017).

Parametre	Minimum	Maksimum	Optimum
Sıcaklık (°C)	-1.5	45	30-37
pH	4.2	9.5	7.00
Su aktivitesi	0.90	>0.99	0.97
Tuz (%)	<0.5	16	

Geniş bir pH ve sıcaklık aralığı tolere edebilme yeteneğiyle *Listeria monocytogenes* gıda üretim ortamlarında soğuk işleme sırasında canlılığını devam ettirebilmekte, farklı yüzeylere tutunarak biyofilmler oluşturabilmekte ve gıda işleme ekipmanlarında yaşamaya devam edebilmektedir (Aarsilano et al., 2007). Buzdolabı sıcaklığında da çoğalabilmesi ve gıdalarda kullanılan pek çok koruyucu maddeden etkilenmemesi nedeniyle *L. monocytogenes*, gıda işleme ekipmanlarının ulaşılması en güç noktalarında canlılığını devam ettirerek gıda maddelerine kolayca kontamine olmaktadır (Lunde'n et al., 2003; Aarsilano et al., 2007). Fabrikada işleme sırasında özellikle kiraz gibi düşük asitlik derecesine ve yüksek nem kapasitesine sahip meyvelerde bu kontaminasyon sorun yaratmakta

hem ürün kalitesine zarar vermekte hem de insan sağlığı için önemli bir risk taşımaktadır.

FDA tarafından yapılan 02.06.2016 tarihli duyuruda; dondurulmuş meyve ve sebzelerde *L. monocytogenes*'in insan sağlığı açısından potansiyel tehdit oluşturduğu rapor edilmiştir. EFSA'nın 2020 yılında açıkladığı bildiride ise 2005-2018 yılları arasında AB'de gıda kaynaklı hastalık vaka sayısına dayanarak, dondurulmuş meyve, sebze ve otlarda *L. monocytogenes* varlığının halk sağlığı için bir tehdit unsuru olduğunu vurgulanmıştır (EFSA, 2020). Dondurulmuş gıda üretim hatlarında mikrobiyal kontaminasyonu önlemek amacıyla sıklıkla gıda dekontaminasyon yöntemleri uygulanmaktadır.

Listeria çeşitleri arasında yer alan *L. innocua* türü, *L. monocytogenes*' ile yüksek benzerlik yüksek göstermesi, aynı ortamlardan izole edilmesi ve insanlar için patojen olmaması nedeniyle, laboratuvar güvenliği açısından *L. monocytogenes* yerine çalışmalarda tercih edilmektedir (Sorrentino ve ark, 2018).

Bu çalışmada ise uygulanacak dekontaminasyon yöntemleri için *Listeria monocytogenes* yerine direnç özellikleri yakın ve patojen olmayan bir suş olan *Listeria innocua* NRRL-B 33314 hedef mikroorganizmasının inaktivasyonu hedef alınmıştır.

2.4. Gıda Dekontaminasyon Yöntemleri

Bu bölümde dondurulmuş meyve ve sebze endüstrisinde ürünlerin mikrobiyal güvenliğini sağlamak amacıyla kullanılan kimyasal dezenfektanlara ve alternatif dekontaminasyon yöntemlerinden yenilikçi ışık teknolojileri ile ilgili yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

2.4.1. Kimyasal dezenfektanlar ile dekontaminasyon

Taze ve dondurulmuş meyveler, genellikle herhangi bir dekontaminasyon işlemi uygulanmaksızın çiğ olarak tüketilebilmeleri nedeniyle gıda kaynaklı salgınlara neden olabilmekte ve bu nedenle dekontaminasyonları önemli hale

gelmektedir (Meireles et al., 2016; Wadamori et al., 2017; Yu et al., 2018; Kang et al., 2019). Bu nedenle taze ve dondurulmuş gıda üretim ortamlarında gıda hijyenini sağlamak amacıyla sıklıkla kimyasal dezenfektanlar kullanılmaktadır (Aarnisalo et al., 2007).

Gıda işleme hatlarında gerekli sterilizasyon veya dezenfeksiyon seviyesine ulaşmak için, kullanılan dezenfektanlar uygun konsantrasyonlarda ve önceden belirlenmiş süre boyunca ürünlere uygulanmalıdır. Bu dezenfektanların etkinliği mikrobiyal kontaminasyon seviyesini azaltma yeteneklerine dayanmaktadır (Joshi et al., 2013).

Bu tür dezenfektanların bir antimikrobiyal ajan olarak oldukça etkili olmaları gerekirken, aynı zamanda uygun maliyetli, çevre dostu, halk sağlığına zararlı olmamalı ve taze ürünün besleyici ve organoleptik özellikleri üzerinde olumsuz etkilere sahip olmamaları gerekmektedir (Joshi et al., 2013).

2.4.1.1. Gıda işleme hatlarında sıklıkla kullanılan dezenfektanlar

Taze ve dondurulmuş gıda üretim ortamlarında hastalık yapıcı mikroorganizmaları etkisiz hale getirmek amacıyla sıklıkla tercih edilen kimyasal dezenfektanlar klor ve klorlu bileşiklerdir. Bu kimyasal maddelerin canlı organizmalar üzerinde hücre difüzyonu mekanizmasını bozma, enzimleri oksitleme ve bakterilerin çimlenmesini önleyerek spor gelişimini engelleme gibi farklı etkiler gösterdiği belirtilmektedir (Ayhan ve Bilici, 2015). Bu dezenfektan ajanlarının yaygın kullanımı, yalnızca çeşitli patojenik ve gıdaların bozulmasına neden olan mikroorganizmalara karşı inaktivasyon etkilerinden değil, aynı zamanda taze ürünün besleyici ve organoleptik özellikleri üzerindeki etkisinin önemli seviyede olmamasından kaynaklanmaktadır (Joshi et al., 2013). Bazı dezenfektanların mikrobiyal inaktivasyon etkinlikleri Tablo 2.5'te yer almaktadır.

Tablo 2. 5 Bazı dezenfektanların mikrobiyal inaktivasyon etkisi (Joshi et al., 2013).

	Klorindioksit	Hidrojen peroksit	Perasetik asit	Ozon	Elektrolize oksitlerici su
Bakteri	✓	✓	✓	✓	✓
Fungi	-	-	-	✓	Orta seviye
Virüsler	✓	✓	✓	✓	✓
Sporlar	✓	✓	✓		✓
Pestisit Kalıntısı	-	-	-	✓	-

Gıda işleme hatlarında kullanılan bazı dezenfektanların FDA tarafından izin verilen kullanım limitleri Tablo 2.6’da verilmiştir.

Tablo 2. 6 Gıda işleme hatlarında kullanılan bazı dezenfektanlar ve kullanım limitleri.

Dezenfektan	Uygunluk	Kullanım limitleri	Kod
Ozon	Yiyeceklerin depolanmasında ve işlenmesinde kullanımı uygun	Kullanım miktarları 201 (q) (1) (B) (i)'de yer almaktadır.	FDA-Sec.173.368
Klordioksit	Meyve ve sebzelerin yıkanmasında uygun	Meyve ve sebzelerin yıkanmasında maks. 3 ppm kalıntı klordioksit.	FDA-21 CFR 173.300
Klorin	Yıkanmada veya meyve ve sebzelerin kabuk soyma aşamasına uygun.	Limit belirtilmemiş.	FDA-21 CFR 173.315
Perasetik asit	Yıkama suyunda uygun	Asetik asit+ hidrojen peroksit içeren formülde maks. 80 ppm. Hidrojen peroksit+perasetik asit içeren formülde maks. 59 ppm.	FDA-Sec. 173.315
Elektrolize su	Yıkama suyu	Sodyum hipoklorit ile ilgili kısıtlamaların elektrolize su içinde geçerli olduğu düşünülmekte (EGTOP, 2016).	-
Organik asit	Temizlik ve dezenfeksiyon bileşikleri listesine eklenebilir.	Limit belirtilmemiş (EGTOP,2016)	-
1-Hidroksietiliden-1,1-difosfonik asit	Yıkama suyunda uygun	Yıkama suyunda maks. 4.8 ppm	FDA-Sec. 173.370

2.4.1.2. Klor ve klorlu bileşikler

Klor çözeltisi meyve ve sebze endüstrisinde yıkama ve sprey uygulamalarında dezenfektan olarak yararlanılan ve kullanımı 50-200 ppm konsantrasyonunda ve 1-2 dk. süre ile sınırlandırılan kimyasal bir dezenfektandır. Klorun asıl antimikrobiyal etkisi içerdiğini serbest klorin (hipokloröz asit/HOCl) miktarına bağlıdır (Bağcı vd., 2008; Ayhan ve Bilici, 2015). Hipokloröz asit,

yıkama suyunun pH'sına bağlı olarak, suda hidrojen iyonu (H^+) ve hipoklorit iyonlarına (OCl^-) ayrıışmaktadır. pH'nın 4'ün altına düştüğünde sağlık açısından risk oluşturan klor gazının oranı artarken, pH 4'ün üzerine çıktığında ise $HOCl$ 'nin OCl^- 'ye oranı düşmektedir. OCl^- , $HOCl$ 'ye göre daha az antimikrobiyal etkiye sahiptir. Bu nedenle yüksek antimikrobiyal etkinlik için klor içerikli bir dezenfektanın pH'sı 6.5-7.5 arasında olmalıdır (Ayhan ve Bilici, 2015). Literatürde taze ve donmuş meyvelerde yüzey dekontaminasyonu amacıyla klor çözeltisi kullanımı üzerine yapılmış çalışmalar yer almaktadır.

Klor dioksit (ClO_2) özeltisinin dezenfektan etkinliğinin incelendiği bir çalışmada; farklı konsantrasyon ve sürelerde (20, 40, 60 ve 80 mg/L; 5, 10 ve 15 dk.) klor dioksit çözeltisi ile muamele edilen ilek meyvelerinde, artan çözelti konsantrasyonu ve işlem süresi ile kontrol örneğine kıyasla meyve kalitesinin daha iyi korunduğu ve raf ömrünün 5 günden 9 güne uzadığı saptanmıştır (Chen et al., 2020).

Chung et al. (2011), taze kesilmiş elma dilimlerine 5 dk. boyunca farklı konstrasyonlardaki (50-10-200 ppm) klor dioksit çözeltisi ile yıkama uygulamışlardır. 100 ppm klor dioksit konsantrasyonun başlangıç mikrobiyal yükü 6.23 log KOB/g olan ürünün bakteri sayısında yaklaşık 2 logaritmik birim azalmaya neden olmuştur.

Tadepalli et al. (2019), dondurulmuş yaban mersini üretiminde farklı dezenfektan kombinasyonlarının *L.monocytogenes* inaktivasyonu üzerine etkilerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada yaban mersini örneklerine sırasıyla klorin (100 ppm)-laktik asit (% 2), klorin (200 ppm)-laktik asit (% 2), klorin (200 ppm)-klor dioksit (15 ppm), ve klorin (100 ppm)-ozon (5 ppm) kombinasyonları uygulanmış olup, meyve 1 hafta boyunca $-17\text{ }^{\circ}C$ 'de depolanmıştır. Başlangıç yükü 6.9 log KOB/g olan yaban mersini örneklerine klorin içeren kombinasyonlar farklı uygulama sürelerinde (10 sn.-3 dk.) uygulanmış olup, uygulamalar sonrasında *L. monocytogenes*'te 2.0-6.9 logaritmik birim azalma belirlenmiştir. Çalışmada *L. monocytogenes* inaktivasyonu üzerine en etkili kombinasyonun 3 dk. uygulama süresiyle 100 ppm klorin+ %2 laktik asit olduğu saptanmıştır.

Farklı konsantrasyonlarda (0.5-5 mg/L) klordioksit uygulamasının çilek meyvelerindeki *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes* ve *Salmonella enterica*'nın inaktivasyon kinetiği üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, en yüksek mikrobiyal inaktivasyon oranı 4.3-4.7 log KOB/g azalma 5 mg/L konsantrasyonunda 10 dk. işlem süresi ile sağlanmıştır (Mahmoud et al., 2007).

Mahmoud et al. (2008), kavun meyvesine inoküle edilen *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes* ve *Salmonella* Poona hücrelerine farklı konsantrasyon ve farklı sürelerde (0.5, 1.0, 1.5, 3.0 ve 5.0 mg/L; 0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 ve 10.0 dk) uygulanan klordioksit gazının inaktivasyon etkinliğini incelemişlerdir. Çalışmada ürünün kalite özelliklerinde önemli seviyede değişime neden olmayan ancak hem inoküle edilen mikroorganizmaların (3 log KOB/g; sırasıyla 5.5, 4.2, ve 1.5 dk) hem de uygulanan süre boyunca doğal mikrofloranın (> 2 log KOB/g) etkili inaktivasyonunu sağlayan konsantrasyonun 5 mg/L olduğu bildirilmiştir (Mahmoud et al., 2008).

Literatür çalışmaları incelendiğinde; taze ve/veya dondurulmuş meyvelerde dezenfektan olarak klor çözeltilerinin ve kombine uygulamalarının mikrobiyal inaktivasyonu artırarak ürünün raf ömrü boyunca mikrobiyolojik kalitesini koruduğunu anlaşılmaktadır. Ancak, dondurulmuş kiraz üretim hatlarının ulaşılması en güç noktalarında yaşamaya devam eden *L. monocytogenes*'e karşı bu kimyasal maddelerin yıkama havuzlarında yasal limitler dahilinde kullanıldıkları konsantrasyonda etkili bir dekontaminasyon sağlanamamakta, ürün dezenfeksiyonunda bu uygulamalar yetersiz kalmaktadır (Lunde'n et al., 2003; Aarnisalo et al., 2007). Ayrıca, bu kimyasal maddelerin oluşturdukları güvenlik ve etkinlik sorunları nedeniyle kullanımları sınırlandırılmıştır (Rico et al., 2007). Tüm bu nedenler doğrultusunda mikrobiyal güvenliği sağlayabilecek yenilikçi gıda işleme teknolojileri geliştirilmektedir (Garcia and Heredia 2017; Deng et al., 2019).

2.4.2. HIPL uygulaması ile dekontaminasyon

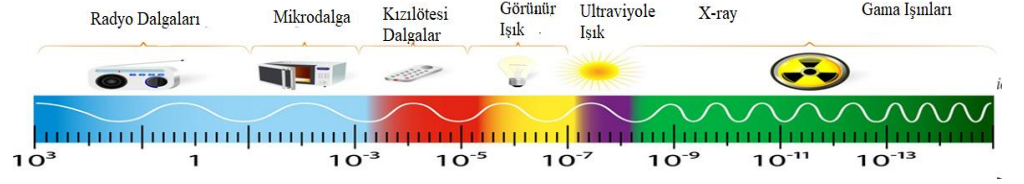
2.4.2.1. HIPL uygulaması

Yüksek yoğunluklu vurgulu ışık (HIPL), bir dizi yüksek güçteki beyaz ışığın çok kısa sürelerde ışık vurguları şeklinde kullanıldığı yeni bir gıda muhafaza yöntemidir (Mahendran et al., 2019). İşlem sırasında üründe önemli bir sıcaklık artışı olmadığı için ($<55^{\circ}\text{C}$) ısıl olmayan gıda muhafaza yöntemi olarak sınıflandırılmaktadır (Yıldız, 2012; Trujillo and Geveke, 2014; Asaithambi et al., 2021). Bu ışık vurguları gıda ve ambalaj malzemesi yüzeyindeki mikroorganizmaları inaktive ederek gıda ürünlerinin kalitesinin korunmasında büyük bir potansiyele sahiptir (Mandal et al., 2020). HIPL; vurgulu ultraviyole ışık (PUV), yoğun ışık vurgusu (ILP), yüksek yoğunluklu geniş spektrumlu vurgulu ışık (BSPL), vurgulu ışık (PL) veya vurgulu beyaz ışık (PWL) terimleriyle eş anlamlıdır (Mandal et al., 2020).

HIPL uygulaması 1970’li yıllara kadar birçok endüstri alanında kullanılmıştır. Önceleri kozmetik endüstrisi, cilt ve saç tedavileri gibi sağlık sektöründe kullanılan bu uygulamanın gıdalarda kullanımı ise 1980’li yıllara dayanmaktadır. O zamandan beri, gıda endüstrisinde HIPL teknolojisi alanında araştırma ve geliştirmede önemli bir artış yaşanmıştır. Çok sayıda HIPL sistemleri üretilmiş, patentler alınmış ve farklı gıda materyalleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır (Chen et al., 2015; Karabacak, 2015). HIPL’nin gıdalarda kullanımına ise ilk olarak 1996 yılında Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) onay vermiş, kullanımını ise “Gıdaların üretimi, işlenmesi ve gıda ile temas eden yüzeylerin dekontamine edilmesi” şeklinde önermiştir. Ayrıca, FDA’nın 21 CFR 179.41 kodlu mevzuatına göre kullanılacak olan güvenli seviyedeki vurgulu ışık uygulama dozu 12 J/cm^2 olarak belirlenmiştir (United States Food and Drug Administration, 2020a).

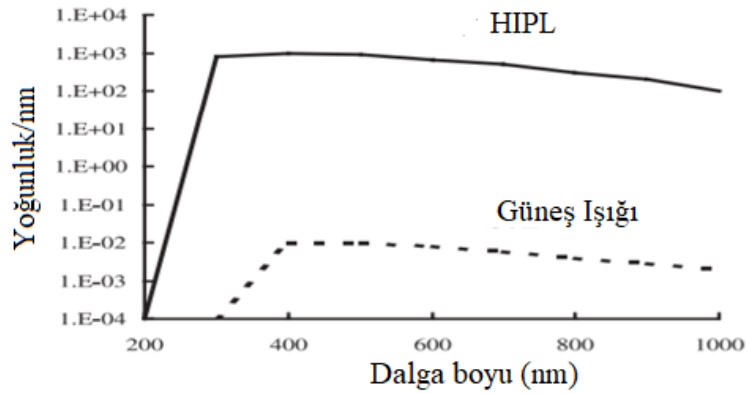
Işık, elektromanyetik dalgalar ve fotonlar şeklinde meydana gelen enerji akışı olarak düşünülmektedir (Zwinkels, 2015). Bu enerjinin miktarı ise ışığın dalga boyu ve frekansına bağlı olmaktadır (Korkmaz ve Gündüz, 2018). Farklı dalga boyu ve frekanstaki ışık türlerinin yer aldığı spektruma ise “elektromanyetik

spektrum” denilmektedir (Şekil 2.3) (Korkmaz ve Gündüz, 2018). Işığın dalga boyu ile frekansı arasında ters korelasyon vardır.



Şekil 2. 3 Elektromanyetik spektrum (Dreamstime, 2020).

HIPL, 200-1100 nm dalgaboyu aralığına sahip beyaz ışık olmasıyla güneş ışığına benzemektedir. Yüksek yoğunluklu vurgulu ışığı güneş ışığından ayıran bazı temel özellikler vardır. HIPL yönteminde kullanılan elektromanyetik spektrum aralığı UV ışınlarını (UV-C: 200–280 nm, UV-B:280–315 nm, UV-A:315–400 nm), görünür ışık ($\lambda=400\text{--}700$ nm) ve kızılötesi (IR) ışınları ($\lambda=700\text{--}1100$ nm) içermektedir. Bu yönüyle incelendiğinde HIPL’yi güneş ışığından ayıran en önemli özellik, görünür bölgeler açısından zengin olan güneş spektrumunun aksine UV bölgeleri açısından zengin bölgeleri içermesidir (Mandal et al., 2020). Güneş ışığı ile HIPL’nin dalga boylarının karşılaştırıldığı grafik Şekil 2.4’te yer almaktadır.

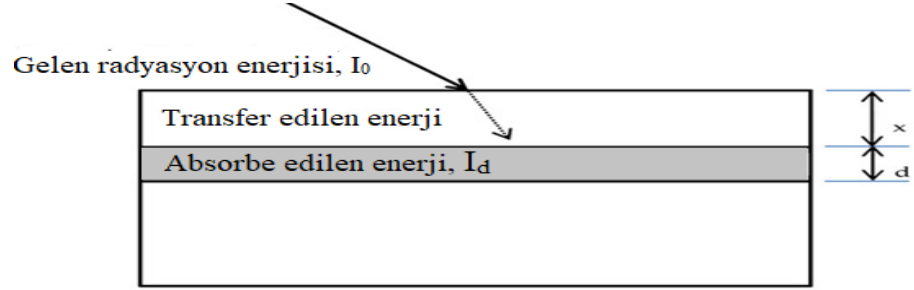


Şekil 2. 4 Güneş ışığı ve vurgulu ışığın dalga boylarının karşılaştırılması (Takeshita et al., 2003).

2.4.2.2. HIPL sistemi ve etki mekanizması

Elektromanyetik radyasyonlar, dalga boyu (λ), frekans (ν) ve enerji (E) bakımından farklılık gösteren dalgalar aracılığıyla yayılır. Işık terimi genellikle,

180-1100 nm dalga boyuna sahip radyasyonları ifade etmek için kullanılmaktadır. Bu dalga boyu aralığında ultraviyole ışınları (100-400 nm), görünür ışık ($\lambda=400-700$ nm) ve kızılötesi ışınlar (IR, $\lambda=700-1100$ nm) yer almaktadır (Palmieri and Cacace, 2005).



Şekil 2. 5 Işığın materyal ile etkileşimi (Mandal et al., 2020).

Bir I_0 ışık radyasyonu bir malzemenin yüzeyine çarptığında, enerjisinin bir kısmı temas ettiği malzeme katmanları tarafından emilmekte, bir kısmı ise geri yansımaktadır (Şekil 2.5). Emilen ışık, ürün yüzeyi altındaki x mesafesini ışığın dalga boyunun ve malzeme yok olma (soğurma) katsayısının bir fonksiyonu olarak Lambert-Beer yasasına göre iletilmektedir (Palmieri ve Cacace, 2005; Mandal et al., 2020). Matematiksel olarak, HIPL'nin madde ile etkileşimi Lambert-Beer yasası ile gösterimi Eşitlik 1'de yer almaktadır.

$$I(x) = I_0 e^{-(\alpha)x} \quad (1)$$

α , yok olma katsayısı (cm^{-1})

Burada α , verilen her λ için malzemenin saydamlığını veya opaklığını ölçen yok olma katsayısıdır. Katıların çoğu opaktır ($\alpha \uparrow \infty$) ve radyasyonu iletmezken, birçok sıvı ve tüm gazlar şeffaftır ($\alpha \uparrow 0$) ve enerjinin herhangi bir bölümünü soğurmaz; genellikle, çoğu malzemede (yiyecekler dahil), yığın içine nüfuz ederken ışık yoğunluğu hızla azalmaktadır (Palmieri ve Cacace, 2005; Mandal et al., 2020).

Gıda materyalinde absorbe olan enerji genellikle ısıya dönüşmekte ve materyalde sıcaklık artışına neden olmaktadır. Materyalde meydana gelen sıcaklık artışı Eşitlik 2 ile incelenebilmektedir (Mandal et al., 2020).

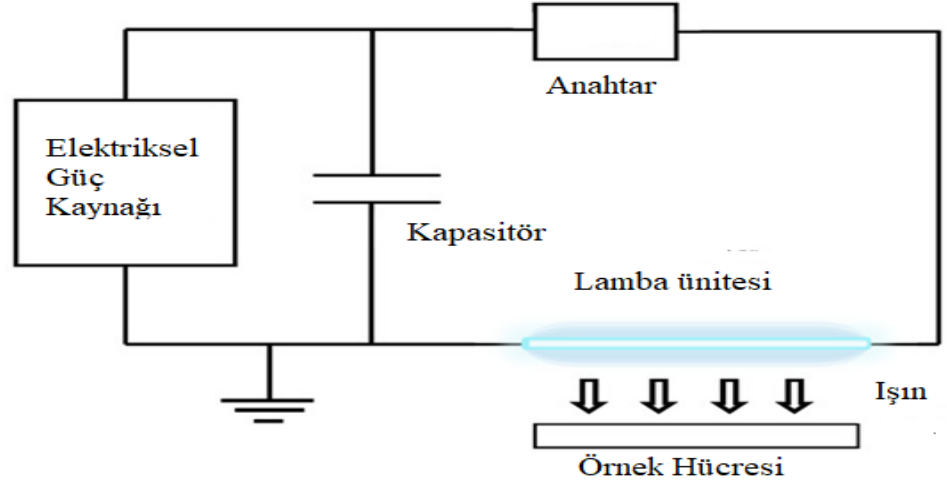
$$\Delta T = \frac{I_d}{\rho(cp)Ad} \quad (2)$$

ρ =kütle yoğunluğu (kg/m³); cp , özgül ısı ((J/kg-K); A: gövde alanı, m²

Malzemede meydana gelen ΔT , malzemenin dış ve iç katmanları arasında iletken sıcaklık gradyanına neden olarak, materyal içinde iletken ısı transferini (k =malzemenin ısı iletkenliği, W/mK) oluşturmaktadır. Hem ısı transferinin hem de malzeme sıcaklığının artış hızı, gelen radyasyonun yoğunluğuna, süresine ve malzemenin termal özelliklerine bağlıdır.

Gıdanın ısılanması sonucu materyalin içinde yayılan ısı, gıda ürünlerinin dekontaminasyonu için kullanılabilir. Ancak, HIPL işleminde bu sıcaklık artışının mikroorganizmaların inaktivasyonu üzerindeki birincil etki mekanizması olmadığı vurgulanmalıdır (Mandal et al., 2020).

Dekontaminasyon potansiyelini artırmak amacıyla daha yüksek enerji dozları uygulanarak pastörizasyon sıcaklıklarına ulaşmak mümkündür. Örneğin 59.4 J/cm²'lik bir HIPL işleminde olduğu gibi ahududu, 30 °C'lik başlangıç sıcaklığından 75 °C'ye ulaşmış, bu da *Salmonella*'yı 3.4 log ve *E. coli* O157: H7 yaklaşık 3 log azalmasına neden olmuştur (Bialka et al., 2008). Ancak, HIPL işleminde uygulanan maksimum enerji dozu FDA tarafından sınırlandırılmış olup (12 J/cm²), bu enerji dozunda materyalde yüksek sıcaklık artışları meydana gelmemektedir.



Şekil 2. 6 Bir HIPL sistemi (Mandal et al., 2020)

HIPL, en temel anlamıyla elektrik enerjisinin ışığa dönüştürülmesiyle gıdaya uygulanan bir prosestir. Bir HIPL sisteminin geliştirilmesi, temel olarak yüksek güçlü elektrik darbelerinin üretilmesini ve bunların yüksek güçlü ışık darbelerine dönüştürülmesini içerir. Tipik bir HIPL sisteminde Şekil 2.6'da görüldüğü üzere elektrik ünitesi, kapasitör, lamba ünitesi, işlem alanı ve yardımcı birimler (kontrol paneli ve hava soğutma ve sirkülasyon sistemi) yer almaktadır (Mandal et al., 2020).

Sistemde yer alan güç ünitesinden alternatif akım doğru akıma çevrilerek enerji depolanmaktadır. Depolanan elektrik enerjisini yoğunlaştıran ve yüksek elektrik akımı üreten birim ise kapasitördür. Kapasitörden gelen yüksek elektrik gücü lamba ünitesinde yer alan flaş lambaları uyarmaktadır. Bu amaçla kullanılan lambalar genellikle ksenon, kripton ya da inert gaz karışımları ile doldurulmaktadır (Mandal et al., 2020). İntert gazlı flaş lambalar elektrik enerjisini kısa süreli yüksek güçlü ışık vurgularına dönüştürmektedir (Güven ve Yıldız, 2016). Uyarılmış olan gaz kararlı hale geri dönerken yüksek yoğunluklu enerji fotonlar halinde serbest bırakılmakta ve bu serbest enerji gıda maddesi tarafından absorbe edilmektedir (Mahendran et al., 2019). Gıda maddesi tarafından absorbe edilen enerji materyalde foto-fiziksel, foto-termal ve foto-kimyasal konfigürasyonlara neden olmaktadır (Shriver, 2011).

HIPL teknolojisini karakterize etmek için kullanılan bazı terimler aşağıda yer almaktadır (Gomez-Lopez et al., 2007):

- Akıcılık oranı: Saniyede birim alan başına numunenin lambadan aldığı enerji, Watt/metre² (W/m²)
- Akıcılık: Uygulama sırasında lambadan örneğin birim alanı başına aktarılan enerji, Joule/metre² (J/m²)
- Toplam enerji dozu: Bazen akıcılığın eşanlamlısı olarak kullanılmaktadır.
- Maruz kalma süresi: Uygulama süresi, saniye (sn.)
- Vurgu genişliği: Enerjinin iletildiği zaman aralığı (saniye kesirleri).
- Vurgu tekrarlama oranı (prf): Saniyedeki vurgu sayısı (Hertz [Hz]) veya saniye başına vurgu, (pps)
- Tepe gücü: Vurgu enerjisinin vurgu süresine bölünmesiyle elde edilen değer, Watt (W)

2.4.2.3. HIPL uygulamasının inaktivasyon mekanizması

HIPL uygulaması ile çok kısa sürede çok yüksek ışık gücünün gıda materyaline uygulanması mikroorganizmaları çeşitli düzeylerde inaktive etmektedir. HIPL işleminin mikrobiyal inaktivasyon etkisini açıklamak için birçok çalışma yapılmış ve birçok farklı mekanizma önerilmiştir. Bu mekanizmalar gıda materyalinde UV-C ışığın absorbe edilmesiyle meydana gelen foto-fiziksel, foto-termal ve foto-kimyasal etkilerin bireysel ve/veya kombine etkisine dayanmaktadır (Gomez-Lopez et al., 2007). Ancak günümüze kadar HIPL'nin mikrobiyal inaktivasyon etkinliğini açıklamak için en çok kabul gören hipotez ise ışık vurgularının hücreler üzerindeki fotokimyasal etkisi ve ışığın yayılımı ile hücrede meydana gelen ani sıcaklık artışından kaynaklanan foto termal etki olmaktadır (Palmieri and Cacace, 2005).

HIPL sonucu hücrede meydana gelen foto kimyasal etki, UV-C ışığın DNA hücreleri üzerindeki etkisine bağlanmaktadır. Tüm mikroorganizmaların çoğalması için gerekli olan DNA (deoksiribonükleik asit), içerdiği konjuge

karbon-karbon çift bağları yoluyla UV-C ışık enerjisini emer (Jay, 1996; Palmieri and Cacace, 2005). Emilen bu enerji DNA hücresinde bazı organik bağları kırarak DNA'nın yeniden düzenlenmesine, bölünmesine ve yok olmasına neden olabilir. Ayrıca emilen enerji, DNA'da pirimidin dimerleri, pirimidin (6-4) pirimidon foto ürünleri ve timin dimerleri gibi maddeler üreten reaksiyonları aktive ederek DNA'nın çoğalmasını engelleyebilir (Palmieri and Cacace, 2005).

Buna ek olarak, yüksek enerjili ışık vurgularının gıda maddesinde absorbe olması ile hücre duvarına ve sitoplazmik membrana zarar veren foto-fiziksel etki ve gıda materyalinde meydana gelen ani sıcaklık değişimine neden olan foto termal etki de hücreye zarar vererek mikrobiyal inaktivasyonda etkinlik sağlamaktadır (Keklik et al., 2012; Deng et al., 2019).

HIPL (200 ışık vurgusu, 100 ns) ve sürekli UV-C işleminin bazı gıda kaynaklı mikroorganizmalar (*Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, ve *Staphylococcus aureus*) üzerindeki inaktivasyon etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, HIPL işleminin seçili mikroorganizmalar üzerinde 5-6 log oranında inaktivasyona neden olduğu belirtilmiştir. Sürekli UV-C uygulaması sonrasında ise bu oran 1-2 log ile sınırlı kalmıştır (Rowan et al., 1999). Yine aynı çalışmada hücrelerde meydana gelen sıcaklık artışının 1 °C'den az olduğu belirtilmiş, inaktivasyon etkinliğinin ise kısa sürede uygulanan güçlü UV-C ışınlarının fotokimyasal etkisine dayandırılmıştır (Rowan et al., 1999).

Vurgulu ışık ile mikroorganizma inaktivasyonu; ışık yoğunluğu, uygulama süresi, dalga boyu, mikroorganizma çeşidi, gıda tipi, örnek ile lamba arasındaki uzaklık gibi faktörlerden etkilenmektedir (Barbosa-Canovas et al., 2000).

HIPL işlemi sırasında bazı gıda materyalleri etkili dalga boylarını absorbe etmekte ve/veya ışığı iyi absorbe edememekte ve bu da işlemin etkinliğinin değişmesine neden olabilmektedir (De Corato et al., 2020). Literatür çalışmaları incelendiğinde taze kesilmiş meyve ve sebzelerin, et yüzeylerinin, berrak sıvıların ve gıda ekipman yüzeylerinin mikrobiyal dekontaminasyonunda başarılı sonuçlar elde edilmesine rağmen, bulanık ve opak sıvı gıdalarda, toz ve tohumlarda,

tüketime hazır gıdalardaki mikrobiyolojik inaktivasyon etkinliği yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu durum opak (mat) yüzeylerde ışığın absorpsiyonunun sınırlı olması ve geri yansımından dolayı vurgulu ışığın gıdanın içine işleyememesinden kaynaklanmaktadır (Mandal et al., 2020).

HIPL işleminin en önemli avantajı; kalıntı bileşikler bırakmaması nedeniyle kimyasal dezenfektan ve koruyuculara alternatif olarak kullanılabilecek bir uygulama olmasıdır. Sürekli UV-C ışık uygulaması ile karşılaştırıldığında, penetrasyon derinliği ve emisyon gücünün daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Ferrario et al., 2013).

2.4.2.4. HIPL uygulaması ile ilgili yapılan literatür çalışmaları

Literatür çalışmaları incelendiğinde; HIPL uygulamasının taze meyvelerin dekontaminasyonu üzerine etkisinin incelendiği sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmaktadır.

Gómez et al. (2011), taze elmaya 5-10 cm lamba mesafesinde 2-100 s işlem süresi $2.4-221.1 \text{ J/cm}^2$ ile HIPL uyguladıkları çalışmada, *L. innocua* yükünde 5 cm 100 s işlem parametrelerinde 1.7 log KOB/g azalma saptamışlardır.

Taze elmada vurgulu ışık (17.5 kJ/m^2) ile yüzey dekontaminasyonunun incelendiği bir diğer çalışmada, elma dilimlerinde *L. brevis* ve *L. monocytogenes* bakterilerinde sırasıyla 3.0 ve 2.7 log KOB/g azalma tespit edilmiştir (Ignat et al., 2014).

Salinas-Roca et al. (2016) taze kesilmiş mango dilimlerine uyguladıkları 3 ayrı dekontaminasyon işleminin (HIPL; 0-30 vurgu/s, 0.4 J/cm^2 ; Malik Asit (%2); HIPL+Malik asit; 20 vurgu/s+%2 Malik Asit) etkinliklerini incelemişlerdir. Çalışmada *L. innocua* inoküle edilen örneklerde ($>7 \text{ log KOB/g}$) en yüksek inaktivasyon oranı MA+PL uygulamasında sağlanmıştır (4.5 log KOB/g).

Huang and Chen (2018), HIPL (0.14 J/cm^2), klor ile yıkama (%8.25) ve kombine HIPL+klor ile yıkama uygulamalarının marulun mikrobiyal güvenliğine

ilişkin etkilerini incelemişlerdir. Tüm işlemler *Salmonella enterica* hücrelerinde >2 log KOB/g azalmaya neden olmuştur. Çalışmada HIPL+klor kombine uygulamasının klor ile yıkamaya alternatif bir dekontaminasyon yöntemi olabileceği sonucuna varılmıştır.

Aynı araştırmacıların başka bir çalışmalarında ise yaban mersini örneklerine uygulanan HIPL işlemi 260 μ s vurgu genişliği, 15 cm lamba mesafesi, 60 s işlem süresi ve 56.1 J/cm² vurgu enerji dozu parametrelerinde uygulanmıştır. İşlem sonunda örnek yüzeyindeki *E. coli* ve *Salmonella* hücrelerinde maksimum inaktivasyon sırasıyla >5.8 log ve >5.9 log olarak belirlenmiştir. Çalışmada HIPL işleminin klor ile yıkamaya (10 ppm, 60 s) alternatif bir yöntem olabileceği vurgusu yapılmıştır (Huang and Chen, 2014).

Ramos Villarroel et al. (2011), taze kesilmiş avakado dilimleri yüzeyine inoküle ettikleri *L. innocua* hücrelerinin (6.98 log KOB/g) HIPL uygulamasıyla inaktivasyonunu araştırmışlardır. 6 ve 12 J/cm² enerji dozunda *L. innocua* hücrelerinde 2.61 ve 2.97 logaritmik birim azalma saptamışlardır.

Ramos-Villarroel et al. (2012a) taze kesilmiş mantarlara 12 J/cm²'lik enerji dozunda HIPL uyguladıkları çalışmada; *E.coli* ve *L. innocua* hücrelerinde 3 ve 2 log azalma tespit etmişlerdir. Aynı araştırmacıların taze kesilmiş karpuzla aynı işlem parametrelerinde HIPL işlemi uyguladıkları diğer çalışmalarında, *E.coli* hücrelerinde 3 logaritmik birimden fazla, *L. innocua* hücrelerinde ise 2.79 logaritmik birim azalma olduğu belirlenmiştir (Ramos-Villarroel et al., 2012b).

Yine aynı araştırmacıların farklı bir çalışmalarında ise taze kesilmiş avokado, karpuz ve mantar örneklerine 12 J/cm²'lik HIPL uygulaması ile malik asit (%2 ağırlık/hacim) kombinasyonunun depolama boyunca *E.coli* ve *L. innocua*'da 5 logaritmik birimden fazla bir düşüşe neden olduğunu bildirmişlerdir (Ramos-Villarroel et al., 2015).

Hindiba salatası ve maş fasulyesi filizine HIPL (1 Hz frekans; 3/cm² toplam enerji dozu, 10 cm lamba mesafesi) işlemi uygulanan bir başka çalışmada ise *L. innocua* hücrelerinde sırasıyla 2.54 ve 1.55 log azalma belirlenmiştir. Aynı işlem

parametrelerinde *E. coli* hücrelerinde ise hindiba salatası ve maş fasulyesi filizi sırasıyla 2.34 ve 1.91 log azalma olduğu rapor edilmiştir (Kramer et al., 2015).

Agüero et al. (2016) ıspanakta yüzey mikrobiyal yükün azaltılmasına yönelik HIPL (8-120 kJ/m² toplam enerji dozu) işleminin etkinliğini inceledikleri çalışmalarında, en yüksek dozda *L. innocua* ve *E.coli* hücrelerinde azalma oranı 2.6 ve 2.3 log KOB/g olarak bildirilmiştir.

Yapılan diğer literatür çalışmaları incelendiğinde, HIPL uygulamasından sonra bazı mikroorganizmaların görünür ışığa maruz kalma süresine bağlı olarak fotoreaktivasyon olarak bilinen bir onarım mekanizması başlattığı sonucuna varılmıştır (Lasagabaster and de Marañón, 2014).

Örneğin Lasagabaster and de Marañón (2014), HIPL işlemini sonrası farklı sıcaklık ve aydınlatma koşullarının *Listeria innocua*'nın inaktivasyonuna yönelik etkinliğini incelemişlerdir. İşlem sonrası 4 °C'deki depolamanın 37 °C'de depolamaya oranla hücrede daha yüksek inaktivasyon oranlarını sağladığı (yaklaşık 3 logaritmik birim) belirlenmiştir. Işıktaki depolanan kültürlerde ise karanlıkta depolanan kültürlerle oranla canlılık 2.2 logaritmik birim artmıştır. Araştırmacılar tarafından bu durum hücrede meydana gelen foto-onarım mekanizmasının ışık altında 30. dakikada maksimum seviyeye ulaştığı, karanlıkta ise foto-onarım mekanizmasının hızla kaybolduğu şeklinde bildirilmiştir. Çalışmada 4 °C'de karanlıkta depolama parametrelerinin *L. innocua* inaktivasyonu üzerine HIPL uygulaması ile sinerjistik bir etki gösterdiği yönünde yorum yapılmıştır.

2.4.3. UV-C ışık uygulaması ile dekontaminasyon

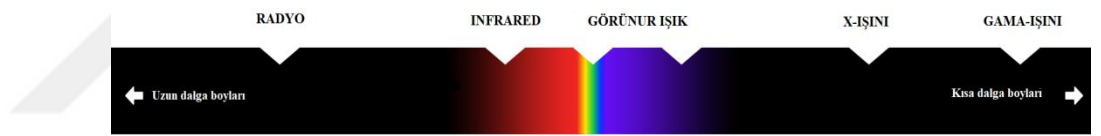
2.4.3.1. UV-C ışık uygulaması

Alternatif gıda dekontaminasyon yöntemlerden biri olan ultraviyole ışık uygulaması gıda endüstrisinde yüzeylerin (örneğin, gıda, sıvılar veya ambalaj malzemeleri) dezenfeksiyonu için kullanılan, 200-400 nm dalga boyu aralığına

sahip, termal ve kimyasal dezenfeksiyon yöntemlerine alternatif bir ışık teknolojisidir (Keklik et al., 2012; Deng et al., 2019).

Güneş ışığında bulunan ve dünya çapında yaygın olarak kullanılmakta olan Ultraviyole ışığın keşfi 1801 yılında Alman Fizikçi Ritter tarafından gerçekleştirilmiştir. Kullanımı ilk olarak tıp alanında Niels Ryberg Finsen tarafından hayata geçirilmiş, 1908 yılında Fransa'nın Marsilya belediyesi tarafından su kaynağını dezenfekte etmek için kullanılmıştır. UV-C ışık, gıdaların muhafazası amacıyla kullanımı 1930'lu yıllara dayanmaktadır. UV-C ışığın kullanımı asıl olarak 2. Dünya Savaşı'ndan sonra birçok alanda yaygınlaşmış, o günden bugüne araştırmalar ve gelişmeler artmıştır (Formgroup, 2020).

Gıdaların üretimi ve işlenmesi sırasında ultraviyole ışığın yüzey dezenfeksiyonu amacıyla kullanılması 1 CFR 179.39 kodlu mevzuata göre FDA tarafından onaylanmıştır (United States Food and Drug Administration, 2020b).



Şekil 2. 7 Işığın dalga boyu spektrumu (Hubblesile, 2021).

UV ışık elektromanyetik spektrumda görünen ışık ile X ışınları arasındaki bölgede yer almaktadır (Şekil 2.7). Farklı dalga boylarındaki UV ışık canlılar üzerinde farklı etkilere ve farklı karakteristiklere sahiptir. UV ışığın farklı dalga boylarının sınıflandırılması Tablo 2.7'de yer almaktadır.

Tablo 2. 7 UV ışığın karakterize edilmesi (Pala ve Toklucu, 2010).

Tip	Dalga Boyu	Aralık	Etki
UV-A	Uzun	320–400 nm	İnsan teninde bronzlaşma
UV-B	Orta	280–320 nm	Cilt yanığı ve cilt kanseri
UV-C	Kısa	200–280 nm	Mikroorganizmalar üzerine öldürücü etki
UV-V		100–200 nm	Vakum UV

Tablo 2.7’de görüldüğü üzere Ultraviyole ışınları, insan vücudunun bronzlaşmasından sorumlu UV-A (320-400 nm), cilt yanıkları ve cilt kanserine neden olan UV-B (280-320 nm), germisidal etkili UV-C (200-280 nm) ve tüm maddeler tarafından absorbe edilebildiğinden sadece vakum altında yayılabilen Vakum UV (100-200 nm) olarak alt sınıflara ayrılmaktadır (Pala ve Toklucu, 2010).

Gıda işlemlerinde kullanılan UV ışık uygulamasının en temel prensibi, 200-280 nm dalga boyundaki elektromanyetik UV-C ışınlarının mikroorganizmalar üzerindeki öldürücü etkisinden yararlanarak mikroorganizmaların inaktive edilmesidir (Güven ve Yıldız, 2016).

UV ışık, düşük maliyetli, kolay kullanım özelliklerine sahip olması, uygulama sonrasında bir atık oluşturmaması ve uygulamanın herhangi bir kimyasal madde kullanımı gerektirmemesi nedeniyle birçok avantaja sahip çevre dostu bir uygulamadır (Gayan et al., 2014; Deng et al., 2019). Geleneksel yöntemlere göre en önemli avantajı daha düşük sıcaklık derecelerinde uygulanması ile gıdada oluşabilecek duyuşal kusur ve besin kayıplarını minimum seviyeye indirmesidir. Ancak birçok avantajına rağmen gıda endüstrisinde bazı ürünlerde kullanım alanı sınırlıdır. Bu durum UV ışığın düşük penetrasyon gücüne sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak, gıda yüzeylerinin mikrobiyal dekontaminasyonunda, ambalaj ve ekipmanların yüzey dezenfeksiyonunda başarılı bir şekilde kullanılabilir (Koca vd., 2008).

2.4.3.2. UV-C uygulamasının mikrobiyal inaktivasyon mekanizması

UV ışığın mikroorganizmalar üzerindeki inaktivasyon etkisi; hücre DNA’sında meydana gelen hasardan kaynaklanmaktadır. Ultraviyole ışığın mikroorganizmalar üzerindeki en yüksek antiseptik etkisi DNA/RNA yapılarında bulunan nükleik asit tarafından maksimum düzeyde absorbe edilen 260- 265 nm dalga boyu aralığında meydana gelmektedir. Kısa dalga boylu UV-C ışık 200–280 nm dalga boyu aralığına sahip olmasıyla gıda uygulamalarında mikrobiyal inaktivasyonun sağlanması amacıyla kullanılmaktadır (Gayán et al., 2014).

UV-C ışınının genetik materyal üzerindeki etkileri öncelikle antimikrobiyal inaktivasyondan sorumludur. Ancak proteinler gibi diğer hücresel bileşenlere de zarar verebilmektedir (Gayán et al., 2014). UV-C ışınına maruz kalan DNA zincirinde, komşu pirimidin bazları birbirine bağlanarak pirimidin dimerleri (T-T, T-C) oluşmaktadır. Oluşan pirimidin dimerleri ile birlikte DNA'nın normal konfigürasyonu bozulmakta, DNA transkripsiyonu ve translasyonu engellenerek DNA replikasyonu durmaktadır (Butz and Tauscher, 2002; Koutchma et al., 2009; Krishnamurthy et al., 2009; Baykurt, 2016). Bunun sonucunda DNA kalıcı hasara uğramakta, replikasyonunu ve transkripsiyonunu engellenerek mikrobiyal inaktivasyon sağlanmaktadır (Gayán et al., 2014).

UV-C'nin gıdalardaki mikroorganizmalara karşı etkinliği, mikroorganizmaların gıdalardaki yeri, gıdanın yüzey özellikleri, UV-C dozu, yoğunluğu, muamele sıcaklığı, mikroorganizmaların türleri ve serotipi, bakteri durumu, biyofilm oluşumu, örneğin kültür ile inoküle edilmesinden UV-C uygulamasına kadar geçen sürenin uzunluğu gibi birçok faktöre bağlıdır (Levy et al., 2012; Stoops et al., 2013; Fan et al., 2017).

Ultraviyole ışık uygulamalarında kullanılan ilgili parametrelerin tanımlanması, çalışma verilerinin anlaşılması açısından oldukça önemlidir:

Işınlama Akısı (E0): Tüm yönlerden gelen ışık gücünün kesit alanından geçişini ifade eder. W/m^2 birimi ile gösterilir.

İrradyans (E): Hedef alınan noktaya etkiyen toplam ışık gücünü ifade eder. W/m^2 ile gösterilir.

Doz: Belirli bir zamanda gıdanın maruz kaldığı ışığın toplam enerjisini ifade eder. kJ/m^2 , J/m^2 , J/cm^2 birimleriyle gösterilir (Turan, 2015).

2.4.3.3. UV-C uygulaması ile ilgili yapılan literatür çalışmaları

Literatür çalışmaları incelendiğinde UV-C ışığın bazı mikroorganizmaların, taze meyve ve sebzelerin dekontaminasyonu üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalar yer almaktadır.

Taze kesilmiş brokolideki *E. coli*, *Salmonella* Enteritidis ve *L. monocytogenes* popülasyonlarını azaltmak için yapılan UV-C uygulamasında 1 logaritmik birim azalma için gerekli enerji dozları sırasıyla 1.07, 0.02 ve 9.26 kJ/m² olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmada *Salmonella* Enteritidis'in UV-C radyasyonuna en duyarlı mikroorganizma olduğu, *L. monocytogenes*'in ise en dirençli mikroorganizma olduğu belirtilmiştir (Martínez-Hernández et al., 2015).

Graça et al. (2013) tarafından, elma dilimleri üzerine saf ve kültür kokteyli şeklinde inoküle edilen *Escherichia coli*, *Listeria innocua* ve *Salmonella enterica* bakterilerine karşı UV-C uygulamasının inaktivasyon etkinliği araştırılmıştır. Başlangıç mikrobiyal yük oranının saf kültürlerde 8.1 log KOB/mL karışım halinde uygulanan kültürlerde ise 7.8 log KOB/mL olduğu elma dilimlerine 0.5 ve 1.0 kJ/m² dozunda UV-C ışık uygulanmıştır. İşlem sonrasında en yüksek mikrobiyal inaktivasyon 1.0 kJ/m² ışın dozu uygulanan örneklerde meydana gelmiştir. Bu işlem parametresinde *L. innocua* (7.6 log KOB/mL inaktivasyon) dışındaki tüm saf patojenlerin toplam inaktivasyonu sağlanmıştır. Bakterilerin karışım halinde inoküle edildiği örneklerde ise 7.0 log KOB/mL inaktivasyon olduğu *L. innocua* dışında, diğer patojen popülasyonların toplam inaktivasyonu sağlanmıştır. Çalışma sonunda, UV-C uygulamasının bir dekontaminasyon yöntemi olarak taze meyve endüstrisinde kullanılabileceği vurgusu yapılmıştır (Graça et al., 2013).

Yapılan başka bir çalışmada ise UV-C uygulamasıyla işlenmiş taze kesilmiş mangolarda 2.5 ila 10 kJ/m²'lik enerji dozlarının *E. coli*'ye (1.49-1.96 log KOB/g) göre *Cronobacter sakazakii*'de (2.09-2.72 log KOB/g) daha yüksek inaktivasyon sağladığı vurgulanmıştır (Santo et al., 2018).

Kavuna uygulanan 2.4-14.4 kJ/m² dozunda UV-C uygulaması sonucu *Enterobacteriaceae* hücrelerinde en yüksek inaktivasyon oranı ise 14.4 kJ/m² ışık dozunda 2.14 log KOB/g oranında sağlanmıştır (Manzocco et al., 2011).

Yine kavuna UV-C (2.5-10 kJ/m²) uygulaması yapılan başka bir çalışmada ise *Cronobacter sakazakii* bakterisine karşı en yüksek ışık dozunda 2.4 log KOB/g inaktivasyon oranı sağlanmıştır (Santo et al., 2016).

Graça et al. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada; armutta bulunan *E. coli* (NCTC 12900, ATCC 25922, ATCC 10536), *L. innocua* CECT-910, *L. monocytogenes* C897 ve *Salmonella* (Michigan ATCC BAA-709 ve Typhimurium ATCC 14029) bakterilerine karşı UV-C işleminin (2.5, 5, 7.5 ve 10 kJ/m²) inaktivasyon etkinliği incelenmiştir. *E.coli* suşlarında en yüksek inaktivasyon oranı 7.5 kJ/m² 'de 4 log KOB/g; *Salmonella* suşlarında ise 7.5 ve 10 kJ/m² 'de 2.4 log KOB/g olarak bildirilmiştir. *L. innocua* ve *L. monocytogenes* bakterileri sırasıyla 7.5 ve 10 kJ/m² işlem parametrelerinde 2.9 ve 3.3 logaritmik birim azalmıştır (Graça et al., 2017).

Butot et al. (2018), UV-C (212-1331 mJ/cm², 20-120 s) uygulamasının taze üzüm suyu meyvelerde (yaban mersini, ahududu, çilek) *Salmonella*, *Listeria* ve *E.coli* O157:H7 bakterilerine karşı inaktivasyon etkinliğini inceledikleri çalışmada, örneklerde 1 logaritmik birimden az mikrobiyal azalma olduğunu saptamışlar ve UV-C teknolojisinin tek başına bir işlem olarak gıda kaynaklı patojenlerin inaktivasyonunda yeterli olmadığını bildirmişlerdir.

Organik meyve yüzeylerinde (elma, armut, çilek, ahududu ve kavun) UV-C ışık ile *Escherichia coli* O157:H7 ve *Listeria monocytogenes* inaktivasyonunun etkinliğinin incelendiği bir diğer çalışmada ise; elma ve armut yüzeyinde 3.75 ve 11.9 kJ/m² dozunda uygulama ile sırasıyla 1.6 ve 1.7 log KOB/g azalma olduğu belirlenmiştir (Adhikari et al., 2015).

Liao et al. (2017)'nin dondurulmuş ahudududa UV-C ışık kullanarak *L. monocytogenes* inaktivasyon etkinliğini inceledikleri bir çalışmada; 720 sn. 7.8×10^2 mJ/cm² dozunda uygulanan işlemle 1.5 log KOB/g azalma olduğu

saptanmıştır. UV ile işlenmiş ve işlenmemiş dondurulmuş örneklerde toplam antosiyanin, fenolik madde ve antioksidan aktivite açısından istatistiksel olarak önemli bir fark belirlenmemiştir (Liao et al., 2017).

Yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde uygulanan UV dozuna bağlı olarak, bazı bakteriler ve hatta aynı bakterilerin farklı türleri UV-C ışığa farklı hassasiyet gösterdikleri anlaşılmaktadır. Örneğin yapılan bir çalışmada 5 farklı *L. monocytogenes* suşunu %99.9 oranında inaktive etmek için gereken UV-C ışık dozu 21.84 J/mL (STCC 5672) ile 14.66 J/mL (STCC 4031) arasında değişmiştir (Gayán et al., 2015).

Literatür çalışmaları incelendiğinde; dondurulmuş kiraz meyvesinde *L. monocytogenes* inaktivasyon üzerine HIPL uygulamasının yer aldığı bir araştırma bulunmamaktadır. Ayrıca UV-C uygulamasının etkinliğinin araştırıldığı sınırlı sayıda çalışma yer almaktadır. Ek olarak, bu uygulamaların bireysel ve/veya kombine uygulamalarının da dondurulmuş meyvelerdeki *Listeria* hücreleri üzerine inaktivasyon etkinliğinin belirlenmesi konusunda da literatürde önemli bir eksiklik vardır. Dondurulmuş kiraz meyvesinde *L. monocytogenes* üzerine UV-C ve HIPL uygulamalarının, gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan klor çözeltisi ile yıkama uygulamalarına kıyasla dekontaminasyon etkinliğinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen bu tez çalışması kapsamında, elde edilen veriler dondurulmuş meyve üretiminde gıda üretim hatlarının farklı noktalarında meydana gelen *Listeria* kaynaklı kontaminasyonun önlenmesi ve gıda güvenliği sağlanmasında ileride yapılacak çalışmalarda kaynak oluşturarak yararlı olacağı düşünülmektedir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Hammadde

Çalışmada kullanılan bireysel hızlı dondurulmuş (IQF) organik kiraz meyveleri Işık Tarım Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. (Sultandağı, Afyonkarahisar fabrikası)'den temin edilmiştir. Çalışma süresince meydana gelebilecek kalite kayıplarının önlenmesi amacıyla dondurulmuş kiraz örnekleri Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Pilot Tesis'te yer alan bir dondurucuda (-25 °C) (Uğur, UCF 310 SSL) depolanmıştır.

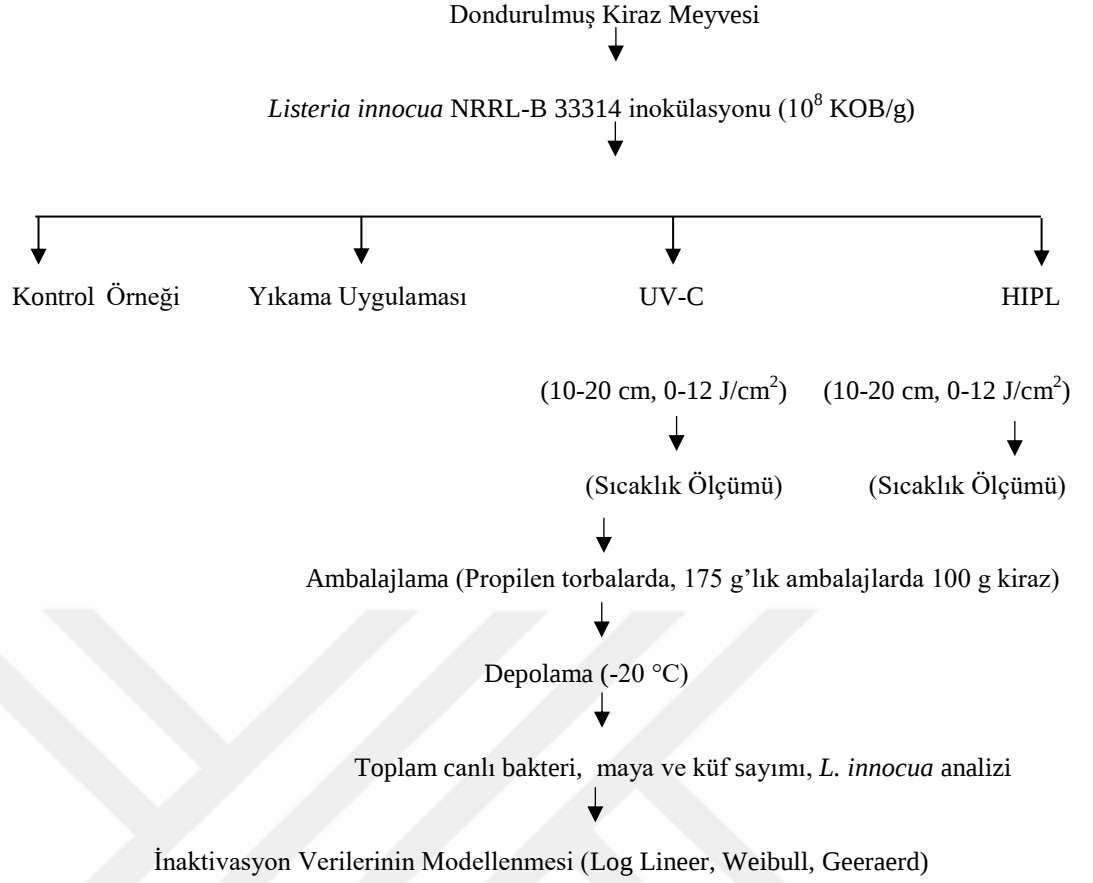
3.1.2. *Listeria innocua* NRRL-B 33314

Çalışmada dekontaminasyon uygulamaları için *Listeria monocytogenes* yerine direnç özellikleri yakın ve patojen olmayan bir suş olan *Listeria innocua* NRRL-B 33314 hedef mikroorganizma olarak kullanılmış ve bu mikroorganizma USDA ARS Kültür Koleksiyonundan (NRRL) satın alınmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Dekontaminasyon yöntemleri

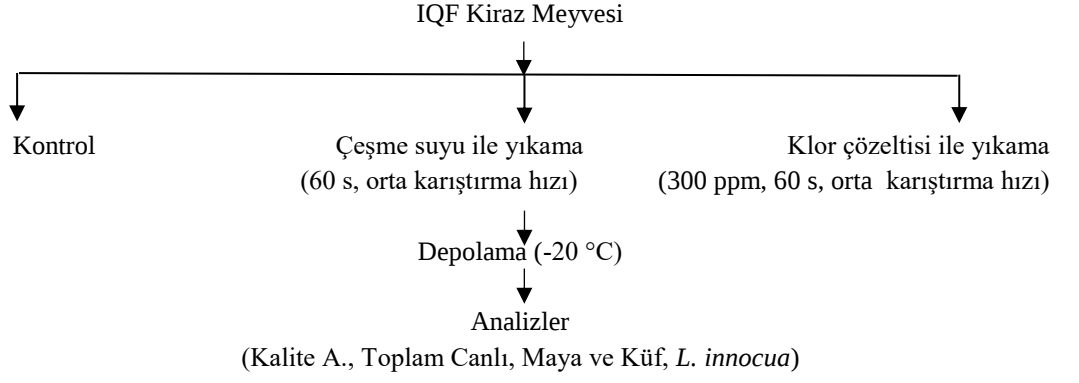
Dondurulmuş kiraz meyvelerinin ticari dezenfektan, UV-C ve HIPL uygulamalarıyla dekontaminasyonu Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Meyve-Sebze İşleme Teknolojisi Pilot Tesis'inde, Şekil 3.1'de yer alan işlem akış diyagramına uygun olarak yapılmıştır.



Şekil 3. 1 Dondurulmuş kiraz meyvelerinin ticari dezenfektan, UV-C ve HIPL uygulamalarıyla dekontaminasyonu işlem akış diyagramı.

Dondurulmuş kiraz örneklerine uygulanacak dekontaminasyon uygulamalarına göre 4 ana gruba ayrılmıştır: Kontrol örneği (işlem görmemiş örnek), yıkama uygulaması (çeşme suyu ile yıkama işlemi uygulanan örnek), UV-C uygulaması, HIPL uygulaması. İşlem görmemiş örnek kontrol örneği olarak kullanılmış olup, mikrobiyal inaktivasyon miktarları kontrol örneğine göre belirlenmiştir.

Yıkama uygulaması işlem akış diyagramı Şekil 3.2’de yer almaktadır.



Şekil 3. 2 Yıkama uygulaması işlem akış diyagramı.

Yıkama uygulaması olarak ticari yıkama prosedürü olan 300 ppm klor çözeltisi (200 ppm aktif klor) ve çeşme suyu ile kiraz meyvelerine yıkama işlemi endüstriyel olarak uygulandığı şartlarda (ortam sıcaklığında 60 s süre ile) yapılmıştır. Klor çözeltisi Işık Tarım Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den temin edilmiş olup, çözeltinin aktif klor seviyesi ise yine aynı kuruluş tarafından analiz edilmiştir.

Yenilikçi ışık teknolojileri olan UV-C ve HIPL işlemleri farklı lamba mesafesi (10 ve 20 cm) ve enerji dozlarında (0-12 J/cm²) ürüne uygulanmıştır.

Ürünlerin analiz edilene kadar kalitelerinde meydana gelebilecek kayıpların önlenmesi amacıyla 175 g'lık propilen torbalara 100'er g olacak şekilde paketlenen kiraz meyveleri doldurularak Ege Üniversitesi Pilot Tesisinde yer alan bir soğuk hava deposunda -20 °C'de muhafaza edilmiştir.

3.2.2. Mikroorganizma kültürünün hazırlanması ve ürüne inokülasyonu

Listeria innocua NRRL-B 33314 kültürü Tryptic Soy Broth (Merck, Almanya) + %0.6 Yeast Extract (Merck, Almanya) kullanılarak aerobik koşullarda, 35 °C'de 24 saat süreyle inkübe edilerek geliştirilmiştir (Pyatkovskyy et al., 2018). Geliştirilen kültürün belirli aralıklarla 600 nm'de okunan absorpsiyon değerleri Tablo 3.1'de yer almaktadır.

Tablo 3. 1 *L. innocua* kültürünün zamana bağlı absorbans değerleri.

Süre (saat)	Kültür Absorbansı
0	0
18	0.985
20	0.967
22	0.959

İnkübasyon sonrasında uygun dilüsyonlar hazırlanmış ve gelişen kültürden Tryptic Soy Agar (Merck, Almanya) + %0.6 Yeast Extract (Merck, Almanya) üzerine yayma yöntemiyle ekim yapılarak 35 °C’de 24 saat inkübasyon sonrasında mikroorganizma sayısı belirlenmiştir (Pyatkovskyy et al., 2018). Katı besiyerinde sayımları yapılan *L. innocua* kültürünün absorbansa karşılık gelen yük değerleri (log N) Ek-1’de yer almaktadır.

Tez çalışması kapsamında, denemelerden önce, yaklaşık 25 g ağırlığındaki dondurulmuş kirazlara (başlangıçta *L. innocua* yükü bulunmayan) spot inokülasyon yöntemi ile 1000 µl 10^8 log KOB/mL *L. innocua* süspansiyonu inoküle edilerek 10^6 - 10^7 log KOB/g teorik başlangıç *L. innocua* yüküne ulaşılması hedeflenmiştir. *L. innocua* inoküle edilen donmuş kiraz örnekleri inokülasyon işleminden hemen sonra dekontaminasyon uygulamalarına tabi tutulmuştur.

3.2.3. Yıkama uygulamaları

Dondurulmuş kiraz örnekleri ticari bir yıkama prosedürü olan klor çözeltisi (300 ppm aktif klor) ile muamele edilmiştir. Başlangıç konsantrasyonu bilinen (55300 ppm; pH=15.27±0.07) ticari klor çözeltisi uygulamalarda kullanılmak üzere saf su ile 300 ppm (pH=12.25±0.03) konsantrasyona seyreltilmiştir. Dondurulmuş kiraz örnekleri (50:250 (g/mL) kalite analizlerinde kullanılmak üzere ortam sıcaklığında 60 s süre ile orta karıştırma hızında karıştırılarak çözeltiyle yıkanmıştır.

Çeşme su ile yıkama işlemi klor çözeltisiyle yıkama işlemine benzer olarak ortam sıcaklığında 60 s süre ile orta karıştırma hızında gerçekleştirilmiştir. Örnekler birbirleri arasında değerlendirilmek üzere analiz edilene kadar -20 °C’de

saklanmıştır. Yıkama uygulamaları sonrasında, *Listeria innocua* NRRL-B 33314 inokule edilmiş kiraz örneklerindeki inaktivasyon miktarı Duffy et al. (2001)'de verilen yönteme göre belirlenmiştir.

3.2.4. UV-C ışık uygulaması ile dekontaminasyon işlemi

UV-C uygulaması ile dondurulmuş kiraz örneklerinde mevcut *Listeria innocua* NRRL-B 33314 yüklerini inaktive etmek amacıyla 2 adet 75 W (toplamda 150 W) gücünde, 254 nm dalga boyunda ışınım yayan endüstriyel UV-C lamba (uzunluğu 502 mm ve çapı 152 mm) kullanılmıştır. Ayrıca, ışık kayıplarının minimum düzeyde olması amacıyla kabin içi ortam siyah renklidir. Çalışma kapsamında lamba örneğe farklı dikey uzaklıklarda (10-20 cm) konumlandırılmış, bu mesafeden ışın yoğunluğu (W/m^2) bir ışın yoğunluk monitörü (UV-C Light Exposure Meter-021451, ABD) ile ölçülmüştür. Belirlenen ışık yoğunluğundan işlem süresi ve enerji dozları aşağıda belirtilen eşitliğe göre (Eşitlik 3) hesaplanmıştır (Yaun et al., 2004).

$$UV \text{ doz miktarı } (J/cm^2) = UV \text{ ışın yoğunluğu } (W/cm^2) * \text{İşlem süresi (s)} \quad (3)$$

Burada, UV ışın yoğunluğu (10 cm için $0.0071 W/cm^2$; 20 cm için $0.0056 W/cm^2$) 18 farklı okuma yapılarak ve ölçümlerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Farklı lamba mesafelerinde farklı enerji dozları için gerekli işlem süreleri Tablo 3.2'de yer almaktadır.

Tablo 3. 2 Farklı lamba mesafesinde ve farklı ışınlama dozlarında UV-C uygulama süreleri.

Lamba Mesafesi (cm)	Doz (J/cm^2)	Süre (dk.)
10	12	28.0
	9	21.0
	6	14.0
	3	7.0
20	12	35.5
	9	26.6
	6	17.7
	3	8.9

Tez çalışmasında örnekler UV-C kabininin içine steril petri kaplarında kapakları kapatılmadan koyulmuştur. UV-C işlemi sonrasında *Listeria innocua* NRRL-B 33314 inaktivasyon miktarları Duffy et al. (2001)'de verilen metoda göre belirlenmiştir. Örnek yüzeyi ve kabin içi sıcaklık değişimi bir termokapıl (Ordell, Türkiye) kullanılarak işlem boyunca ölçülmüştür.

3.2.5. HIPL uygulaması ile dekontaminasyon işlemi

Dondurulmuş kiraz örneklerine HIPL uygulaması, Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde yer alan HIPL (Z-1000 SteriPulse-XL system, Xenon Corp., Wilmington, Mass., USA) sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. HIPL ünitesi uygulama kabini, örnek ünitesi, hava soğutucu sistem, elektrik/güç ünitesi ve bir adet lamba ünitesinden oluşmaktadır. Sistem yer alan lamba ünitesi ise 1 adet 16 inch lineer ksenon flaş lamba içermektedir. HIPL sistemi, 200 ila 1100 nm dalga boyu aralığında, 360 µs genişliğine sahip, 3 vurgu/saniye frekansında yüksek güçte polikromatik ışık vurguları üretmektedir.

Üretici firmadan alınan bilgilere göre 10 ve 20 cm'de vurgu başına yayılan enerji sırasıyla 0.43 ve 0.14 J/cm²'dir. Farklı ışınlama dozları için (0-3-6-9-12 J/cm²) HIPL uygulama süresi aşağıda belirtilen eşitliklere göre (Eşitlik 4, Eşitlik 5) hesaplanmıştır (Gomez-Lopez et al., 2012).

Vurgu sayısı=Toplam enerji dozu (J/cm²)/Her bir vurgunun yaydığı enerji (J/cm²/vurgu) (4)

Uygulama süresi (s)=Vurgu sayısı/Vurgu frekansı (3 Hz) (5)

Farklı ışınlama dozları için hesaplanan HIPL uygulama süresi Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3. 3 Farklı lamba mesafesinde ve farklı ışınlama dozlarında HIPL uygulama süreleri.

Lamba Mesafesi (cm)	Doz (J/cm ²)	Süre (s)
10	12	9.3
	9	7.0
	6	4.7
	3	2.3
20	12	28.6
	9	21.4
	6	14.3
	3	7.1

Çalışmada örnekler HIPL kabininin içine steril petri kaplarında kapakları kapatılmadan koyulmuştur. HIPL işlemi sonrasında *Listeria innocua* NRRL-B 33314 inaktivasyon miktarları Duffy et al. (2001)'de verilen metoda göre belirlenmiştir. Uygulama sırasındaki sıcaklık değişimi (kabin içi ortamı ve örnek yüzeyi) termokapıl (Ordell, Türkiye) kullanılarak ölçülmüştür.

3.3. Analiz Yöntemleri

Ticari dezenfektan, UV-C ve HIPL uygulamalarının dondurulmuş kiraz meyvelerinin kalite özellikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla örneklerin pH, toplam titre edilebilir asitlik, suda çözünür kuru madde miktarı, toplam monomerik antosiyanin miktarı, toplam fenolik madde miktarı, renk değerleri (L*, a*, b*, h°, c* ΔE), duyu kalite özellikleri, *Listeria innocua* NRRL-B 33314 sayısı, toplam canlı bakteri ve toplam maya ve küf sayısı analiz edilmiştir.

İşlem görmüş kiraz örnekleri 24 saat boyunca +4 °C'de çözündürüldükten hemen sonra kalite analizleri gerçekleştirilmiş olup tüm analizler 2 paralel olacak şekilde tekrarlanmıştır.

3.3.1. Kimyasal analiz yöntemleri

3.3.1.1. Toplam titre edilebilir asitlik

Örneklerin toplam titre edilebilir asit içerikleri kolorimetrik titrasyon yöntemi pH metre (Thermo Scientific, Orion 3 Star, ABD) kullanılarak Cemeroğlu (2018)'de verilen yönteme göre belirlenmiştir. Sonuçlar “% Malik asit” olarak ifade edilmiştir.

10 g kiraz meyvesine 100 mL saf su ilave edilmiş, karışım 18000 rpm güçte (ortam sıcaklığında) 3 dk. boyunca bir homojenizatör (Ika T 25 Digital Ultra-Turrax) kullanılarak homojenize edilmiştir. Karışım kaba filtrelerden geçirildikten sonra süzüntüden 10 mL alınarak pH=8.1 ile gelene kadar 0.1 N NaOH ile titre edilmiştir. Sonuçlar Eşitlik 6'ya göre hesaplanmıştır.

$$TTA (\%) = \frac{V * F * E * 100}{M} \quad (6)$$

V=Harcanan 0.1 N NaOH, mL

f=Titrasyon faktörü (1)

E=1 mL 0.1 N NaOH'ın eşdeğeri malik asit miktarı, g (0.006705)

M=Titre edilen örneğin gerçek miktarı, g

3.3.1.2. Toplam monomerik antosiyanin miktarı

Örneklerin toplam monomerik antosiyanin miktarı pH diferansiyel metoduna göre bir mikropilaka okuyucu spektrofotometre (Thermo Scientific, Multiskan Go) kullanılarak belirlenmiştir (Pukdee et al., 2016). Sonuçlar “mg siyanidin-3-glukozid/g örnek” olarak ifade edilmiştir.

Örneğin analize hazırlanması aşaması Ruposinghe et al. (2012)'de belirlenen metoda göre belirlenmiştir. 10 g kiraz örneği üzerine 20 mL %80

metanol (Tekkim, Türkiye) ilave edilmiş, karışım 18000 rpm güçte (oda sıcaklığında) 3 dk. boyunca bir homojenizatör (Ika T 25 Digital Ultra-Turrax) kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenat +4 °C 'de, 6000 rpm'de 10 dk. santrifüj edilmiştir (Hettich Zentrifugen-Mikro 200R, Almanya).

Bir 96 oyuklu tabaka içerisine aktarılan 20 µl kiraz ekstraktı 510 nm'deki absorbandsının 0.4-0.6 aralığında olması için uygun miktarda 0.025 M potasyum klorür çözeltisi (pH 1.0) ile seyreltilmiştir. Ön denemeler sonucunda belirlenen eşit seyreltme oranında 0.025 M potasyum klorür (pH 1.0) ve 0.4 M sodyum asetat (pH=4.5) çözeltileri kiraz ekstraktlarına ayrı ayrı ilave edilmiş, çözeltiler karanlık bir ortamda ve ortam sıcaklığında 20 dk. bekletilmiştir. Örneklerin absorbandsları bir mikropilaka okuyucu cihazda (Thermo Scientific, Multiskan Go) 510 ve 700 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Ölçümler şahit olarak saf suya karşı yapılmıştır. Sonuçlar Eşitlik 7 ve Eşitlik 8'e göre hesaplanmıştır.

$$\Delta A = (A_{510} - A_{700})_{pH1.0} - (A_{510} - A_{700})_{pH4.5} \quad (7)$$

$$TA \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{(\Delta A * MW * SF * 1000)}{\epsilon * l * SV} \quad (8)$$

MW: Baz alınacak antosiyaninin molekül ağırlığı (449.2 mg)

Sf: Seyreltme faktörü

ϵ =moleküler absopitivite (26.900 L/molcm)

l=küvet kalınlığı (0.56 cm)

TV=Metanolik ekstraktın hacmi (mL)

SV=Örnek miktarı (g)

3.3.1.3. Toplam fenolik madde tayini

Örneklerin toplam fenolik madde içerikleri Folin-Ciocalteu metoduna göre bir mikroplaka okuyucu spektrofotometre (Thermo Scientific, Multiskan Go) kullanılarak belirlenmiştir (Rupasinghe et al., 2012).

10 g kiraz örneğine 20 mL %80 metanol (Tekkim, Türkiye) ilave edilmiş, karışım 18000 rpm'de 3 dk. boyunca bir bir homojenizatör (Ika T 25 Digital Ultra-Turrax) kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenat +4 °C'de, 6000 rpm'de 10 dk. santrifüj edilmiştir (Hettich Zentrifugen-Mikro 200R, Almanya). Homojenizasyon işleminden sonra süpernant faz 1:10 oranında %80 metanol (Tekkim, Türkiye) ile seyreltilmiştir.

96 oyuklu tabaka içerisine sırasıyla 20 µl seyreltilmiş örnek ekstraktı ve 100 µl 0.2 N Folin-C (Sigma Aldrich, Amerika) eklenmiştir. Karışım 5 dk. boyunca oda sıcaklığında ve karanlıkta inkübe edilmiştir. İnkübasyon işleminden sonra 80 µl %7.5 sodyum karbonat (Merck, Almanya) ilave edilerek karışım 2 saat boyunca oda sıcaklığında ve karanlıkta tekrar inkübe edilmiştir. Hazırlanan karışımların 760 nm dalga boyundaki absorbans değerleri bir mikroplaka okuyucu cihaz (Thermo Scientific, Multiskan Go) kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümler şahit olarak örnek içermeyen çözeltiye karşı yapılmıştır.

Standart Eğrinin Hazırlanması: 0-150 ppm gallik asit çözeltileri hazırlanmıştır. Gallik asit konsantrasyonuna karşı absorbans değerleri grafiği oluşturulup, standart eğri denklemi belirlenmiştir. Gallik asit standart grafiği EK-2'de yer almaktadır.

Örneklerin toplam fenolik madde içeriği gallik asit eşdeğeri cinsinden standart eğri denklemi kullanılarak belirlenen denkleme göre hesaplanmış olup sonuçlar “mg GAE/g örnek” olarak ifade edilmiştir.

3.3.2. Fiziksel analizler

3.3.2.1. Ağırlık kaybı

Ağırlık kaybı, işlem görmüş dondurulmuş kirazların çözündürme işleminden önce ve sonra ağırlıklarının tartılmasıyla (Radwang, PS 4500/C1) belirlenmiştir. Sonuçlar Eşitlik 9'a göre hesaplanmış olup “% Ağırlık Kaybı” ifade edilmiştir (Duarte-Molina et al., 2016).

$$\% \text{Ağırlık Kaybı} = \frac{M_{\text{başlangıç}} - M_{\text{son}}}{M_{\text{başlangıç}}} * 100 \quad (9)$$

$M_{\text{başlangıç}}$: Çözündürme öncesi ağırlık, g

M_{son} : Çözündürme sonrası ağırlık, g

3.3.2.2. pH tayini

Örneklerin pH değeri Cemeroğlu (2018)'de belirtilen metoda göre pH metre (Thermo Scientific, Orion 3 Star, ABD) kullanılarak belirlenmiştir.

10 g kiraz meyvesine 100 mL saf su ilave edilmiş, karışım 18000 rpm güçte (ortam sıcaklığında) 3 dk. boyunca bir homojenizatör (Ika T 25 Digital Ultra-Turrax) kullanılarak homojenize edilmiştir. Karışım kaba filtrelerden geçirildikten sonra, süzütünün pH'sı 20 °C'de pH-metre (Thermo Scientific, Orion 3 Star, ABD) kullanılarak ölçülmüştür.

3.3.2.3. Suda çözünür kuru madde tayini

Örneklerin suda çözünür kuru madde miktarı (°Bx) dijital refraktometre (Hanna, Romanya) kullanılarak 20 °C'de okunmuştur (Igual et al., 2012).

3.3.2.4. Renk analizi

Hunter Lab Colorflex (CFLX 45-2 Model Colorimeter; HunterLab, Reston, VA) renk tayin cihazı kullanılarak, örneklerin L*, a*, b* değerleri belirlenmiştir. Ayrıca, kroma (C*), hue açısı (h°) ve toplam renk farkı (ΔE) değerleri Eşitlik 10, Eşitlik 11 ve Eşitlik 12'ye göre hesaplanmıştır (Velickova et al., 2018).

$$c^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (10)$$

$$h^\circ = \arctan(b/a) \quad (11)$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (12)$$

L*=açıklık, a*=kırmızılık-yeşillik, b*=sarılık-mavilik

3.3.2.5. Tekstür analizi

Örneklerin tekstürel özelliklerinin değerlendirilmesi, Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Tesis'te yer alan tekstür analiz cihazı TAXT Plus (Stable Micro System, Birleşmiş Milletler) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz için paslanmaz çelik kesme probu (extended craft knife) kullanılmıştır. Maksimum sıkıştırma kuvveti (N) sertlik olarak ifade edilmiştir (Tylewicz et al., 2017).

3.3.2.6. Duyusal analiz

İşlenmiş ve dondurulmuş ürünlerin duyusal analizi puanlama testi yapılarak renk, tat, tekstür ve genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirilmiştir (Zhao et al., 2019).

Dondurulmuş işlenmiş örnekler sıcaklık etkisinden kaçınmak için analizden 2 saat önce soğuk depodan çıkarılmış ve oda sıcaklığında (25 °C) bekletilmiştir (Zhao et al., 2019). Meyvenin rengi, tekstürü, tadı ve tüketicinin genel kabulü tüketicinin beğenme/beğenmeme derecesini belirtmek için dokuz noktalı bir

hedonik ölçek kullanılarak test edilmiştir (1- aşırı kötü; 9-mükemmel) (Zhao et al., 2019).

Panelist olarak, Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümü öğretim üyeleri (35-60 yaş) ve lisansüstü öğrencileri (24-30 yaş) seçilmiş olup örnekler en az 10 paneliste sunularak duyu analize tabi tutulmuştur. Örnekler 3 basamaklı rakamlar ile kodlanmış ve panelistlere oda sıcaklığında sunulmuştur. Ürünlerin kalitesi ile ilgili puanlamada kullanılmış olan puanların karşılıkları Ek-3 ve tüketicilere sunulan duyu analiz formu Ek 4'te yer almaktadır.

3.3.3. Mikrobiyal analizler

3.3.3.1. Toplam canlı bakteri sayımı

Örneklerdeki toplam canlı bakteri sayımı Manzocco et al., (2016)'de verilen yöntemle göre belirlenmiştir. 25 g işlem görmüş kiraz örnekleri 1:10 oranında %0.1 peptonlu su (Merck, Almanya) ile homojenize edilmiştir. 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} oranında seyreltilen örneklerden PCA (Merck, Almanya) besiyerine dökme plak yöntemi ekimi yapılarak 35°C'de 48 saat sonunda gelişen mikroorganizma sayısı belirlenmiş, sonuçlar log KOB/g olarak ifade edilmiştir. İşlem görmemiş örnek kontrol örneği olarak kullanılmış olup, mikrobiyal azalma miktarı kontrol örneğine göre Eşitlik 13 kullanılarak belirlenmiştir.

$$N = C / [V(N_1 + 0.1 * N_2) * d] \quad (13)$$

N=Gıda örneğinin 1 gram ya da 1 mL'sinde mikroorganizma sayısı

C=Sayımı yapılan tüm petri kutularındaki koloni sayısı toplamı

V=Sayımı yapılan petri kutularına aktarılan hacim (mL) (100 µl)

N_1 =İlk seyreltiden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu adedi

N_2 =İkinci seyreltiden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu adedi

d=Sayımın yapıldığı ardışık 2 seyreltiden daha konsantre olanın seyreltme oranıdır.

3.3.3.2. Toplam maya ve küf sayımı

Örneklerdeki toplam maya ve küf sayımı sayımı Manzocco et al., (2016)'de verilen yönteme göre belirlenmiştir. 25 g işlem görmüş kiraz örneği 1:10 oranında %0,1 peptonlu su (Merck, Almanya) ile homojenize edilmiştir. 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} oranında seyreltilen örneklerin PDA (Merck, Almanya)+ %10 Tartarik Asit (Merck, Almanya) besiyerine ekimi yayma plak yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Toplam maya ve küf inkübasyonu 25°C'de 4-5 gün süre ile sağlanmış, sonuçlar log KOB/g olarak ifade edilmiştir. İşlem görmemiş örnek kontrol örneği olarak kullanılmış olup, mikrobiyal azalma miktarı kontrol örneğine göre Eşitlik Eşitlik 13 belirlenmiştir.

3.3.3.3. *Listeria innocua* NRRL-B 33314 analizi

Listeria innocua NRRL-B 33314 analizi Duffy et al. (2001)'de verilen metoda göre yapılmıştır. 25 g işlem görmüş inoküle kiraz örneği 1:10 oranında %0.1 peptonlu su (Merck, Almanya) ile homojenize edilmiştir. 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} oranında seyreltilen örneklerden *Listeria* Palcam Agar Base (Biolife, İtalya) üzerine 100'er µl yayma plak yöntemiyle ekim yapılmış, 35 °C 24 sa inkübasyon sonunda gelişen koloniler sayılmıştır. İşlem görmemiş örnek kontrol örneği olarak kullanılmış olup, mikrobiyal azalma miktarı kontrol örneğine göre Eşitlik 13 kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar log KOB/g olarak ifade edilmiştir.

3.3.4. İnaktivasyon verilerinin modellenmesi

Elde edilen inaktivasyon verileri GiNaFiT eklentisi kullanılarak Excel programında Logaritmik Doğrusal Regrasyon modeli ile incelenmiştir (Eşitlik 14, Eşitlik 15) (Bigelow and Esty, 1920).

$$N = N_0 * e^{-k_{max}*t} \quad (14)$$

$$\text{Log}_{10}(N) = \text{Log}_{10}(N_0) - k_{\max} * t / \text{Ln}_{10} \quad (15)$$

N_0 işlem öncesi koloni sayısı, N uygulamadan sonra koloni sayısı, ve $k_{\max}$ spesifik inaktivasyon hızıdır (cm^2/J).

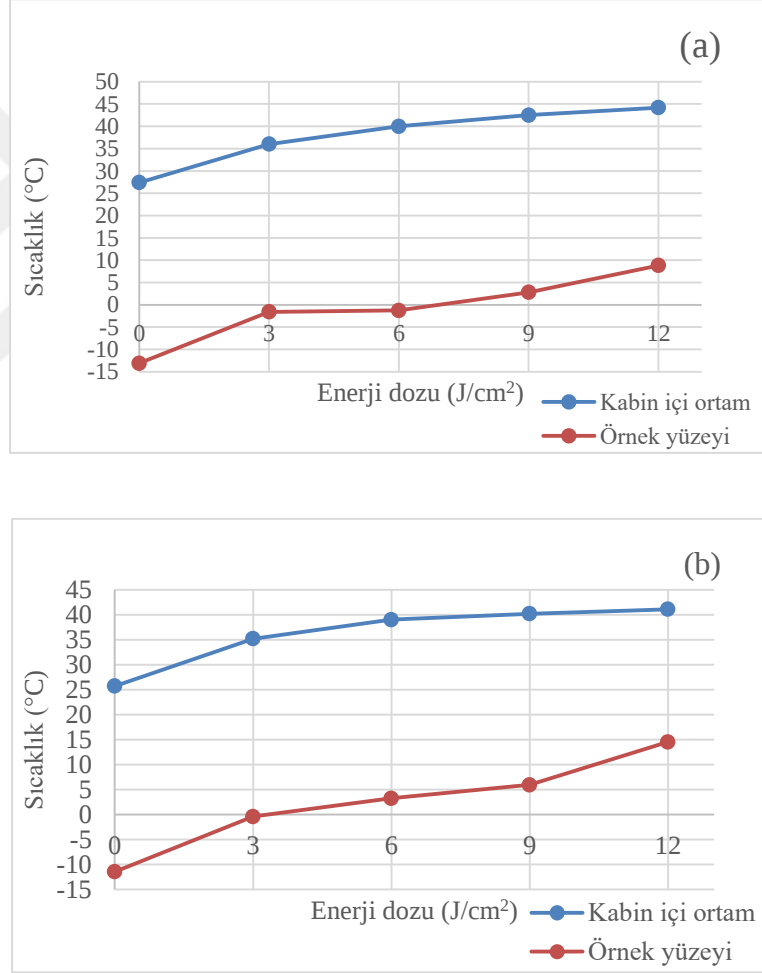
3.3.5. İstatistiksel analizler

Analiz sonuçlarının değerlendirilebilmesi amacıyla SPSS (IBM SPSS statistic 22, New York, ABD) yazılım programı kullanılmıştır. Analiz sonuçları tek yönlü ANOVA ve Duncan çoklu karşılaştırma metotları ile $p < 0.05$ önem seviyesinde değerlendirilmiştir (SPSS, 2004).

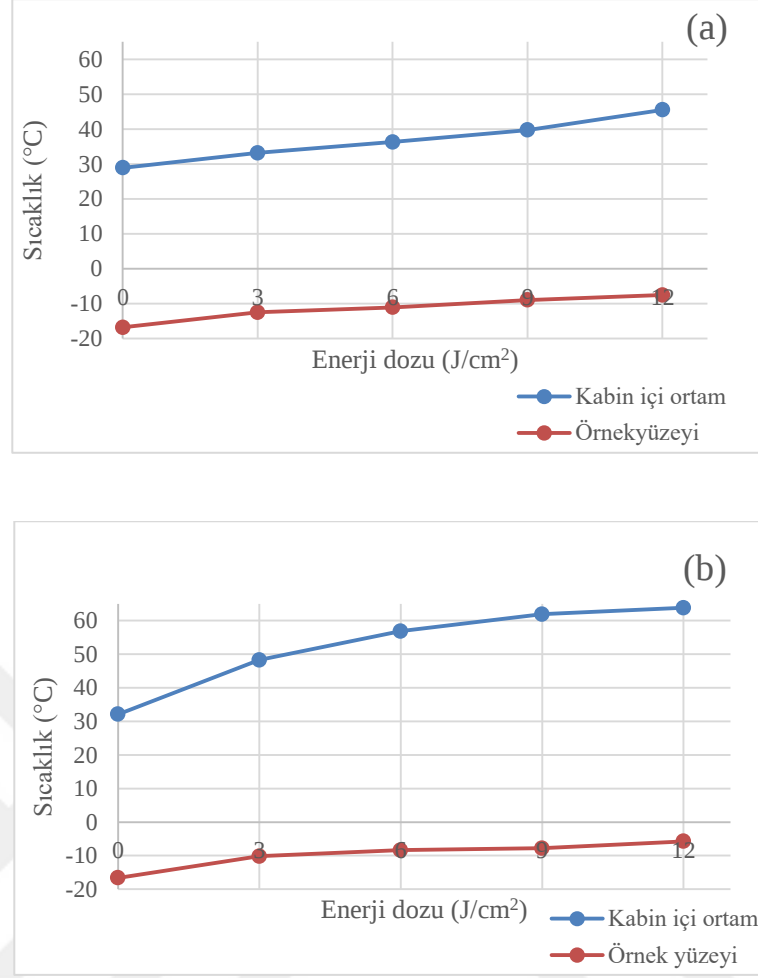
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Sıcaklık Değişimi

UV-C ve HIPL uygulamaları ile işlenen gıdalarda meydana gelen sıcaklık artışı, ışığın gıda tarafından absorbe edilmesinden ve lambanın ısıtma etkisinden kaynaklanmaktadır (Pataro et al., 2011). Tez çalışmasında, UV-C ve HIPL uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem boyunca kabin içi ortam ve örnek yüzeyinde meydana gelen sıcaklık değişimleri Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 1 10 cm (a) ve 20 cm (b) lamba mesafelerinde uygulanan UV-C işlemi boyunca dondurulmuş kiraz meyvesi yüzeyinde ve kabin içi ortamda meydana gelen sıcaklık değişimi.



Şekil 4. 2 10 cm (a) ve 20 cm (b) lamba mesafelerinde uygulanan HIPL işlemi boyunca dondurulmuş kiraz meyvesi yüzeyinde ve kabin içi ortamda meydana gelen sıcaklık değişimi.

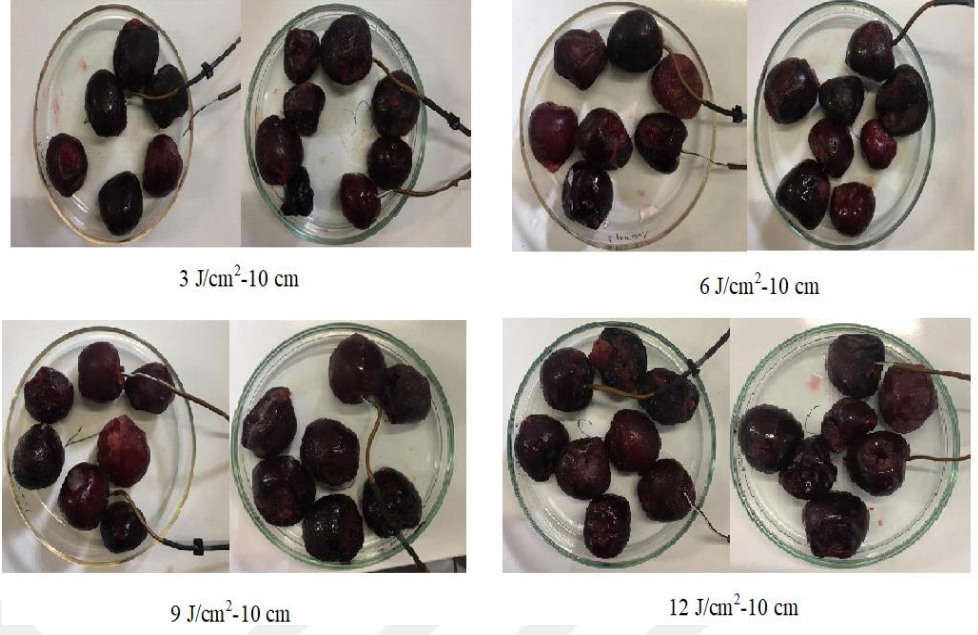
Yapılan tez çalışmasında, HIPL ve UV-C uygulamalarından önce dondurulmuş kiraz örneklerinin yüzey sıcaklıkları sırasıyla yaklaşık -16°C ve -13°C olarak ölçülmüştür. Sonuçlar, kabin içi ortam ve ürünün yüzey sıcaklıklarının uygulama süresi, lamba mesafesi ve uygulanan enerji dozundan etkilendiğini göstermektedir. UV-C ile işlem gören dondurulmuş kirazlarda, her iki lamba mesafesinde de (10 ve 20 cm) 6 J/cm^2 enerji dozundan sonra çözünmeler başlamıştır ($> 0^{\circ}\text{C}$) (Şekil 4.1). UV-C'den farklı olarak HIPL ile işlem gören kiraz örneklerinin yüzey sıcaklıkları çalışılan işlem parametreleri boyunca 0°C 'yi geçmemiştir (Şekil 4.2).

Ayrıca, bireysel ışık uygulamaları (HIPL ve UV-C) sonunda dondurulmuş kiraz yüzeyinde meydana gelen en yüksek sıcaklık artışı her iki uygulama için de

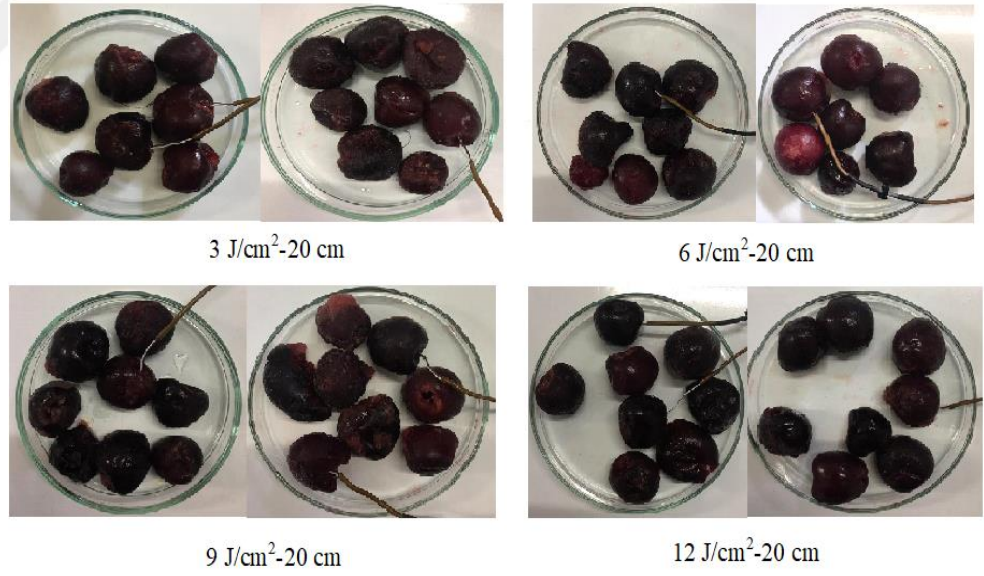
20 cm lamba mesafesi 12 J/cm^2 enerji dozunda meydana gelmiştir (HIPL için 10.8°C ; UV-C için 25.9°C). Aynı işlem parametrelerinde HIPL ve UV-C ile işlenen örneklerin sıcaklık artışları kıyaslandığında ise en yüksek sıcaklık artışı UV-C işleminde meydana gelmiştir. Bu durum, aynı enerji dozlarında HIPL'ye kıyasla UV-C uygulamasının ve 20 cm'e kıyasla 10 cm lamba mesafesinin daha uzun işlem süreleri gerektirmesiyle ilişkili olabilir. Literatürde dondurulmuş meyvelerin UV-C ve/veya HIPL uygulamaları ile işlenmesi sırasında örneklerde meydana gelen sıcaklık değişimlerini inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Yapılan tez çalışmasında, her iki uygulama (HIPL ve UV-C) boyunca kabin içi ortam sıcaklığında artış meydana gelmiştir. Işık uygulamaları boyunca ortamda meydana gelen sıcaklık artışlarının önüne geçebilmek amacıyla ortam havası soğutulabilir ve/veya ışık sistemlerinde yer alan hava soğutucu sistemlerin sayısı artırılabilir.

UV-C ve HIPL uygulamalarıyla işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinin işlem sonrası görüntüleri incelendiğinde (Şekil 4.3-4.4-4.5-4.6), aynı işlem parametrelerinde ışık uygulamalarıyla işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde meydana gelen çözünmenin HIPL'ye kıyasla UV-C ile işlenen örneklerde olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 3 HIPL-10 cm uygulaması sonrasında kiraz örneklerinin görüntüleri.



Şekil 4. 4 HIPL-20 cm uygulaması sonrasında kiraz örneklerinin görüntüleri.

3 J/cm²-10 cm6 J/cm²-10 cm9 J/cm²-10 cm12 J/cm²-10 cm

Şekil 4. 5 UV-C-10 cm lamba uygulaması kiraz örneklerinin görüntüleri.

3 J/cm²-20 cm6 J/cm²-20 cm9 J/cm²-20 cm12 J/cm²-20 cm

Şekil 4. 6 UV-C-20 cm lamba uygulaması kiraz örneklerinin görüntüleri.

4.2. Dekontaminasyon Uygulamalarının Dondurulmuş Kiraz Meyvesinde *L. innocua* İnaktivasyonu Üzerine Etkisi ve İnaktivasyon Verilerinin Modellenmesi

L. innocua vejetatif hücreleri inoküle edilmiş dondurulmuş kiraz örneklerine HIPL, UV-C ve yıkama işlemi uygulanmış, işlem sonrası meyve yüzeyinde canlı kalan *L. innocua* popülasyonunun sayısı belirlenmiştir (Tablo 4.1).

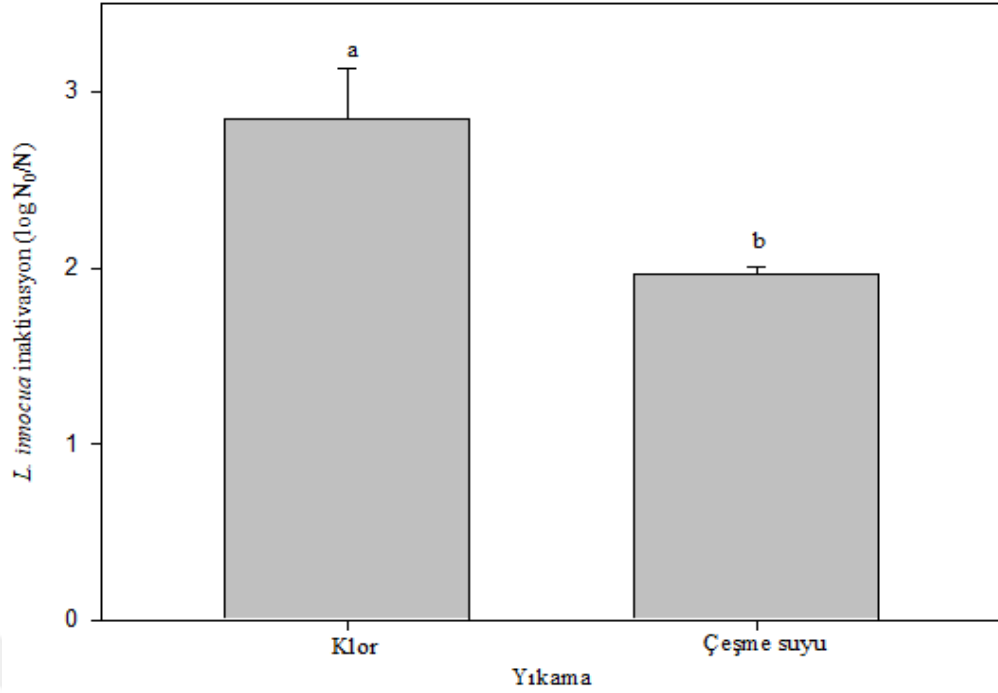
Tablo 4. 1 Dekontaminasyon uygulamalarından sonra dondurulmuş kirazda canlı kalan *L. innocua* popülasyonu (log KOB/g).

Doz	0 J/cm ²	3 J/cm ²	6 J/cm ²	9 J/cm ²	12 J/cm ²
HIPL-10 cm	6.92±0.02 ^a	6.56±0.00 ^b	6.26±0.03 ^c	5.04±0.00 ^d	4.70±0.00 ^e
HIPL-20 cm	6.92±0.02 ^a	6.73±0.01 ^b	4.58±0.02 ^c	4.02±0.02 ^e	4.19±0.04 ^d
UV-C-10 cm	7.32±0.18 ^a	6.64±0.18 ^b	6.18±0.10 ^c	6.02±0.02 ^c	4.85±0.12 ^d
UV-C-20 cm	6.74±0.04 ^a	5.39±0.07 ^b	4.81±0.03 ^c	4.02±0.12 ^d	4.84±0.06 ^c
	Kontrol	Klor	Çeşme Suyu		
Yıkama	6.55±0.01 ^a	3.69±0.29 ^c	4.57±0.04 ^b		

*a-e Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen örnekler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

4.2.1. Yıkama uygulamalarının dondurulmuş kirazda *L. innocua* inaktivasyonu

Dondurulmuş kiraz meyvelerine yıkama uygulamaları sonrasında meydana gelen *L. innocua* inaktivasyon miktarı Şekil 4.7’de yer almaktadır.



Şekil 4. 7 Yıkama uygulamaları ile *L. innocua* popülasyonundaki azalma miktarı ($\log N_0/N$).

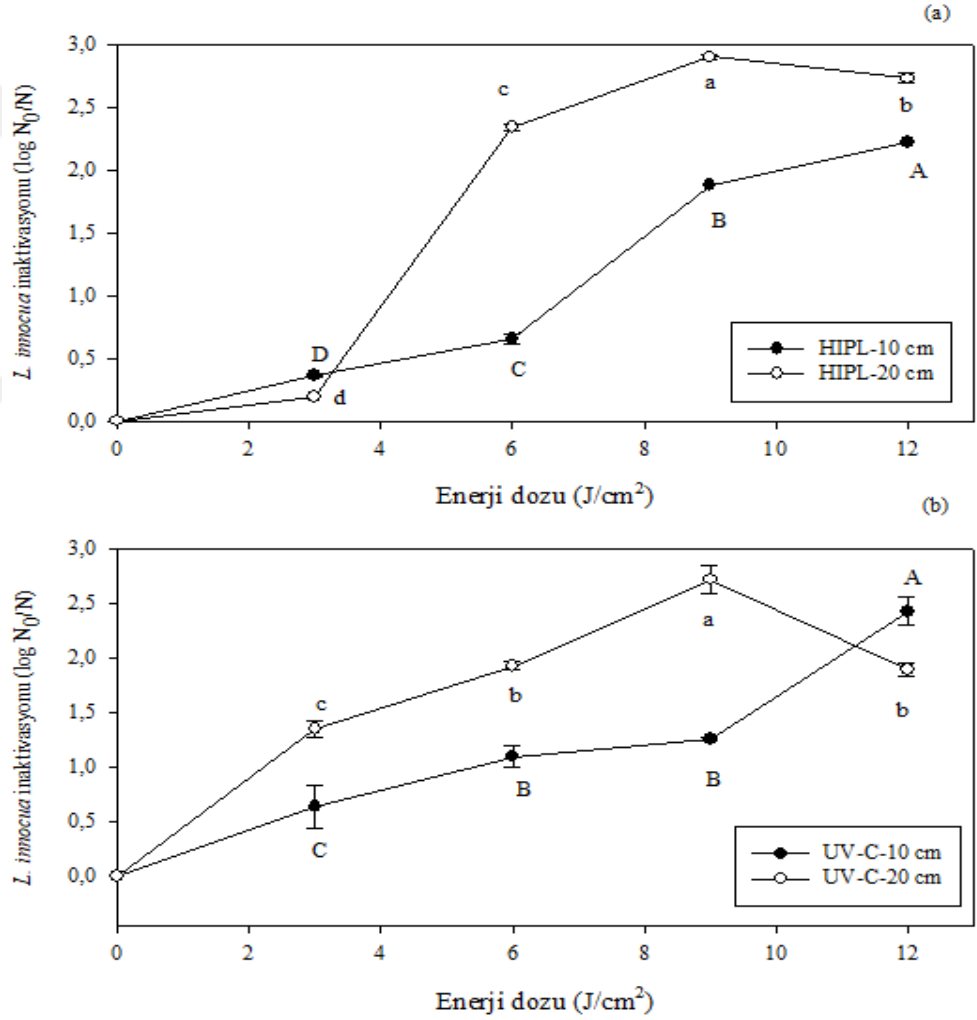
Yıkama uygulamasının dondurulmuş kiraz meyvesinde *L. innocua* inaktivasyonu üzerine etkinliği değerlendirildiğinde, her iki yıkama uygulamasından sonra kontrol örneğine ($6.55 \pm 0.01 \log \text{KOB/g}$) kıyasla *L. innocua* popülasyonunda istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit edilmiştir ($p < 0.05$) (Tablo 4.1). Şekil 4.7’de görüldüğü üzere *L. innocua* popülasyonunda çeşme suyu ile yıkama uygulaması sonunda 1.96 ± 0.04 logaritmik birim azalma sağlanırken, klorlu yıkama uygulamasıyla 2.84 ± 0.29 logaritmik birim azalma sağlanmıştır. Bu durum dondurulmuş kirazlarında klor ile yıkama uygulamasının çeşme suyu ile yıkamaya göre *L. innocua* inaktivasyonunda istatistiksel olarak daha etkili olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

Daha önce yapılan çalışmalarda klorin içeren dezenfektanların gıda yüzeylerindeki *Listeria* spp. popülasyonunu azaltmada etkili olduğunu bildirilmiştir. Zhang and Farber (1996), 200 ppm klor içeren çözeltiyle 10 dk. yıkama uygulamasının kabakta 1.2 logaritmik birim *L. monocytogenes* inaktivasyonu sağladığını bildirmişlerdir. Kim and Song (2017) ise 15 ve 30 ppmv konsantrasyonlarındaki ClO_2 ‘nin taze eriklere inoküle edilen *L. monocytogenes* hücreleri üzerine inaktivasyon etkinliğini araştırmışlardır. Çalışmada 30 ppmv

ClO₂ 'nin kontrole kıyasla *L. monocytogenes*'te en yüksek azalmayı sağladığını (2 log) bildirmişlerdir.

4.2.2. Yenilikçi ışık uygulamalarının dondurulmuş kirazda *L. innocua* üzerine inaktivasyon etkinliği

Dondurulmuş kiraz meyvelerine farklı lamba mesafesi (10 ve 20 cm) ve farklı enerji dozlarında uygulanan (3-6-9-12 J/cm²) HIPL ve UV-C işlemi sonrasında meydana gelen *L. innocua* inaktivasyon miktarı Şekil 4.8'de yer almaktadır.



Şekil 4. 8 Dondurulmuş kiraz meyvesindeki *L. innocua* azalması (log N₀/N); HIPL (a), UV-C (b); 10 cm (●) ve 20 cm (○); standard sapma (I).

*a-d, A-D Aynı grupların farklı harflerle işaretlenen örnekleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0.05).

Işık uygulamalarından sonra *L. innocua* popülasyonunda kontrole kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir azalma gerçekleşmiştir ($p<0.05$) (Tablo 4.1). HIPL'nin *L. innocua* üzerine inaktivasyon etkinliği genel olarak enerji dozu ve lamba mesafesi arttıkça artmıştır (Şekil 4.8(a)). Ayrıca aynı doz ve lamba mesafesinde işlem görmüş örneklerdeki *L. innocua* inaktivasyon verileri arasındaki istatistiksel farklılık seviyeleri EK 31'de yer almaktadır.

HIPL uygulaması ile işlenen örneklerin uygulanan bütün doz ve lamba mesafelerinden sonra *L. innocua* popülasyonunda kontrole (6.92 ± 0.02 log KOB/g) kıyasla örneklerde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma meydana gelmiştir. Her iki lamba mesafesinde de 3 J/cm^2 HIPL sonunda *L. innocua* popülasyonunda >1 log azalma sağlanamamıştır. Elde edilen inaktivasyon miktarı 6 J/cm^2 -10 cm'e kadar düşüktür (0.65 ± 0.04 log), buna kıyasla aynı enerji dozunda 20 cm lamba mesafesinde ise *L. innocua* hücrelerinde 2.34 ± 0.02 log inaktivasyon elde edilmiştir.

10 cm'de HIPL ışın dozu 9 ve 12 J/cm^2 'e arttırıldığında *L. innocua* popülasyonunda 1.88 ± 0.00 ve 2.22 ± 0.00 log inaktivasyon sağlanmıştır. Buna karşılık 20 cm lamba mesafesinde ise inaktivasyon miktarları 2.90 ± 0.02 ve 2.73 ± 0.04 log'dur.

HIPL uygulamasında *L. innocua* inaktivasyonunda bütün işlem parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır ($p<0.05$). En yüksek inaktivasyon 20 cm lamba mesafesinde 9 J/cm^2 enerji dozunda 2.90 ± 0.00 log olarak belirlenmiştir (EK 31).

Şekil 4.8(b)'de görüldüğü üzere UV-C uygulamasıyla *L. innocua* inaktivasyonu HIPL'de olduğu gibi enerji dozu ve lamba mesafesi arttıkça artmıştır. $3\text{-}6\text{-}9\text{-}12 \text{ J/cm}^2$ enerji dozunda uygulanan UV-C işlemi sonunda *L. innocua* hücrelerinde 10 cm lamba mesafesinde 0.64 ± 0.19 , 1.10 ± 0.1 , 1.26 ± 0.02 ve 2.43 ± 0.13 log; 20 cm lamba mesafesinde ise 1.35 ± 0.08 , 1.93 ± 0.04 , 2.72 ± 0.13 ve 1.90 ± 0.06 log azalma belirlenmiştir.

10 ve 20 cm lamba mesafelerinde UV-C uygulaması ile işlenen örneklerde meydana gelen en yüksek *L. innocua* inaktivasyonu (sırasıyla, 2.43 ± 0.13 log ve 2.72 ± 0.13 log) birbirleri arasında istatistiksel olarak değerlendirildiğinde anlamlı bir fark saptanmamıştır.

UV-C uygulamasında meydana gelen en yüksek *L. innocua* inaktivasyonu miktarı HIPL uygulamasıyla kıyaslandığında, gruplar arası en yüksek inaktivasyon miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Ek olarak, her iki ışık (HIPL ve UV-C) uygulamasında da aynı enerji dozunda işlenen kiraz örneklerinde 10 cm'e kıyasla 20 cm lamba mesafesinde daha yüksek *L. innocua* inaktivasyonu meydana gelmiştir. Bu durumun, daha uzun işlem sürelerinin (20 cm) dondurulmuş kirazda buz tabakasının daha çok ısınmasına, buz tabakasının erimesine ve ışığın daha çok absorbe edilmesine neden olarak *Listeria* spp. inaktivasyonuna fayda sağlaması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Literatürde farklı HIPL ve UV-C uygulamalarının dondurulmuş kirazda *Listeria* spp. inaktivasyonu üzerine etkinliğinin incelendiği bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle HIPL'nin inoküle taze meyvelerde inaktivasyon etkinliğini araştıran çalışmalar incelenmiştir. Ramos-Villarroel et al. (2011), başlangıç *L. innocua* yükü 6.98 log KOB/g taze kesilmiş avokadoda HIPL uygulamasının dekontaminasyon etkinliğini incelemişlerdir. Araştırma, 6 ve 12 J/cm² enerji dozlarının *L. innocua* yükünü 2.61 ve 2.97 logaritmik birim azalttığını bildirmişlerdir.

Gómez et al. (2011) farklı lamba mesafeleri (5-10 cm) ve işlem sürelerinde (2-100 s) uygulanan HIPL işleminin 10^6 - 10^7 log KOB/cm² seviyesinde *L. innocua* inoküle edilmiş taze kesilmiş elma dilimlerinde dekontaminasyon etkinliğini incelemişlerdir. İşlem sonunda *L. innocua*'da meydana gelen en yüksek inaktivasyon oranı 100 s işlem süresi için 5 cm'de 1.4 log; 10 cm'de ise 1.7 logaritmik birim olarak belirlenmiştir.

Başka bir çalışmada başlangıç *L. brevis* ve *L. monocytogenes* yükü 10^6 log KOB/cm² olan taze elmada 17.5 kJ/m² dozunda HIPL uygulamasından sonra

sırasıyla 3.0 log ve 2.7 log KOB/g seviyesinde inaktivasyon sağlanmıştır (Ignat et al., 2014).

Salinas-Roca et al. (2016) 3 farklı dekontaminasyon uygulamasının (HIPL (0.4 J/cm^2), aljinat (%2), malik asit (% 2)) bireysel ve kombine kullanımlarının taze kesilmiş mango dilimlerindeki *L. innocua* ($> 7 \text{ log KOB/g}$) üzerine inaktivasyon etkinliğini incelemişlerdir. Çalışmada en yüksek inaktivasyon oranı (4.5 log KOB/g) MA+HIPL kombine uygulamasıyla elde edilmiştir.

Ramos-Villarroel et al. (2012b), HIPL uygulaması sonunda (12 J/cm^2) taze kesilmiş karpuz dilimlerindeki 7.02 log KOB/g *E.coli* ve 6.98 log KOB/g *L. innocua* popülasyonlarında sırasıyla $> 3 \text{ log}$ ve $2.79 \text{ logaritmik birim}$ inaktivasyon gerçekleşmiştir.

Literatür çalışmaları incelendiğinde, UV-C uygulamasının meyve yüzeylerinde dekontaminasyon etkinliği üzerine yapılan çalışmalar bulunmaktadır.

UV-C uygulamasının dondurulmuş kırmızı ahududu meyvesindeki *L. monocytogenes* hücrelerinin (8.04 log KOB/g) inaktivasyon etkinliğini inceleyen bir çalışmada 720 s ve 0.78 J/cm^2 işlem parametrelerinde $1.5 \text{ logaritmik birim}$ azalma meydana gelmiştir (Liao et al., 2017).

Butot et al. (2018), $212\text{-}1331 \text{ mJ/cm}^2$, $20\text{-}120 \text{ s}$ parametrelerinde uygulanan UV-C işleminin taze kiraz meyvesindeki başlangıç yükü $7.2\text{-}7.9 \text{ log KOB/g}$ olan *L. innocua* popülasyonunda $<1 \text{ logaritmik birim}$ inaktivasyon sağladığını bildirmişlerdir.

UV-C ($0.14\text{-}11.87 \text{ kJ/m}^2$) uygulamasının organik meyve yüzeylerine 8.9 log KOB/mL seviyesinde inoküle edilen *L. monocytogenes* popülasyonundaki dekontaminasyon etkinliğinin incelendiği bir çalışmada; kavun ve çilek yüzeylerine (11.9 kJ/m^2 'de 1.0 log KOB/g) kıyasla elma için 3.75 kJ/m^2 'de 1.6 log KOB/g ; şeftali için 11.9 kJ/m^2 'de 1.7 log KOB/g azalma sağlanmıştır.

Araştırmacılar bu durumu meyve yüzeyi pürüzlülüğü, UV-C ışının temas açısı ve uygulanan enerji dozu ile ilişkilendirmişlerdir (Adhikari et al., 2015).

Yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde daha yüksek enerji dozlarının taze meyvelerde *Listera* spp. inaktivasyonunu arttırdığı sonucuna varılmaktadır. Ek olarak, ışık uygulamalarının bireysel kullanımından ziyade kimyasal dezenfektan içeren yıkama uygulamaları ile kombine kullanımlarının *Listeria* popülasyonunu azaltmada daha etkili olduğu vurgulanmaktadır.

Yapılan tez çalışmasında, her iki ışık uygulamasında da işlem görmüş kiraz örneklerinde meydana gelen en yüksek *L. innocua* inaktivasyonu 20 cm lamba mesafesinde 9 J/cm² enerji dozunda saptanmıştır (HIPL için 2.90±0.00 log kob/g, UV-C için 2.72±0.13 log). Işık uygulamalarıyla elde edilen en yüksek *L. innocua* inaktivasyonu ile klorlu yıkama işleminden sonra meydana gelen inaktivasyon miktarı karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmamıştır.

4.2.3. Yenilikçi ışık uygulamalarıyla işlenen dondurulmuş kirazlardaki *L. innocua* inaktivasyon verilerinin modellenmesi

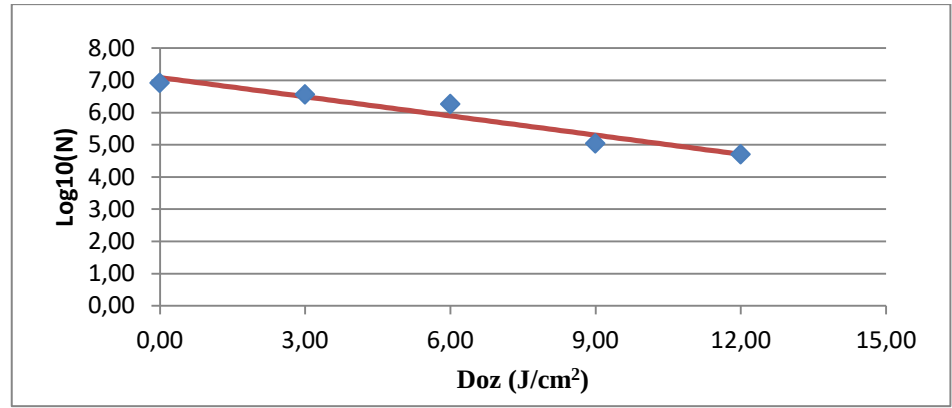
Tablo 4.2 farklı enerji dozlarında ve farklı lamba mesafelerinde UV-C ve HIPL ile işlenen dondurulmuş kirazlarında log doğrusal model ile *L. innocua*'nın inaktivasyon modeli parametrelerini göstermektedir.

Tablo 4. 2 *L. innocua* hücrelerinin farklı lamba mesafesi ve enerji dozunda uygulanan UV-C ve HIPL işlemlerine göre inaktivasyon model parametreleri ve istatistiksel indekslerin karşılaştırılması.

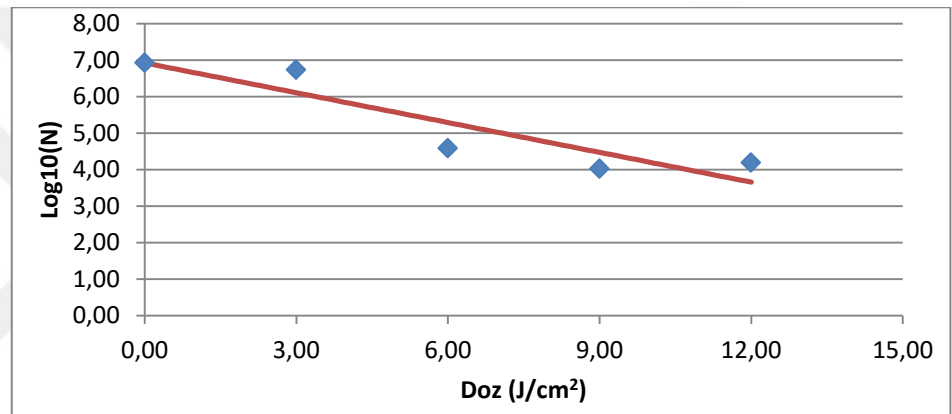
Model	Logaritmik Doğrusal Regrasyon Modeli			
Uygulama	HIPL		UV-C	
Lamba Mesafesi	10 cm	20 cm	10 cm	20 cm
Kare hata toplamı	0.23	1.38	0.21	1.40
k_{max}	0.46±0.07	0.63±0.16	0.43±0.06	0.40±0.17
$\log_{10}(N_0)$	7.09±0.22	6.92±0.53	7.31±0.21	6.19±0.53
Ort. kare hata toplamı	0.0777	0.4609	0.0706	0.4670
RMSE	0.2787	0.6789	0.2658	0.6834
R^2	0.9385	0.8284	0.9358	0.6561
adj- R^2	0.9179	0.7712	0.9145	0.5415

* k_{max} : Spesifik inaktivasyon hızı (cm^2/J), adj- R^2 : düzeltilmiş R^2 , RMSE: Ortalama kareler hatası karekökü

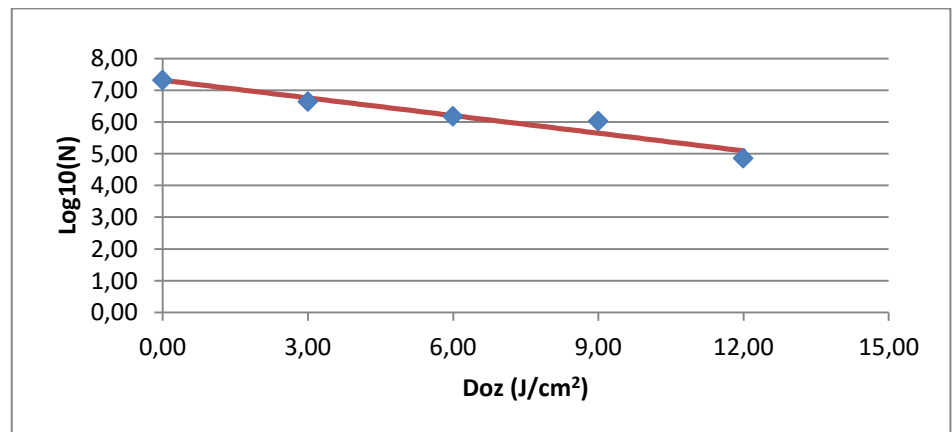
Dondurulmuş kiraz meyvesinin yenilikçi ışık sistemiyle farklı lamba mesafelerinde farklı enerji dozlarıyla işlenmesi sonrasında *L. innocua* vejetatif hücrelerinin inaktivasyon verilerinin model parametreleri ve istatistiksel indekslerinin incelenmesi sonucunda RMSE, R^2 ve adj- R^2 değerlerine göre HIPL ve UV-C için 20 cm lamba mesafesine kıyasla 10 cm'in daha uygun olduğu olduğu belirlenmiştir.



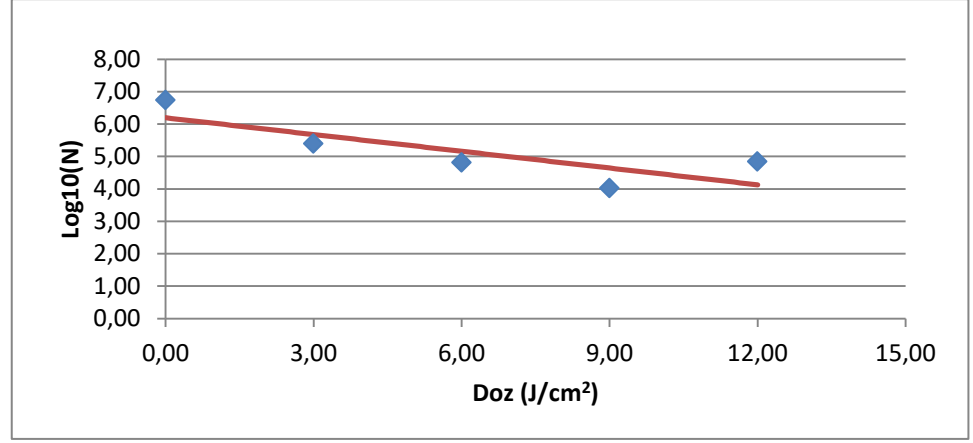
Şekil 4. 9 HIPL-10 cm'de dondurulmuş kiraz meyvesinde Logaritmik Doğrusal Model ile *L. innocua*'nın canlı kalma verileri.



Şekil 4. 10 HIPL-20 cm'de dondurulmuş kiraz meyvesinde Logaritmik Doğrusal Model ile *L. innocua*'nın canlı kalma verileri.



Şekil 4. 11 UV-C-10 cm'de dondurulmuş kiraz meyvesinde Logaritmik Doğrusal Model ile *L. innocua*'nın canlı kalma verileri.



Şekil 4. 12 UV-C-20 cm'de dondurulmuş kiraz meyvesinde Logaritmik Doğrusal Model ile *L. innocua*'nın canlı kalma verileri.

Şekil 9, Şekil 10, Şekil 11 ve Şekil 12'de dondurulmuş kiraz meyvesinde Logaritmik Doğrusal Model ile *L. innocua*'nın canlı kalma verileri yer almaktadır. *L. innocua* vejetatif hücrelerinin canlı kalma verileri incelendiğinde optimum lamba mesafesinde (10 cm) HIPL ve UV-C uygulamaları ile *L. innocua* sayısında 1 logaritmik birim azalma sağlayabilmek için uygulanacak minimum enerji dozu 5.02 J/cm^2 ve 5.42 J/cm^2 olarak saptanmıştır.

4.3. Dekontaminasyon Uygulamalarının Dondurulmuş Kirazda Toplam Canlı Bakteri (TCB), Toplam Maya ve Küf (TMK) Yükü Üzerine Etkisi ve İnaktivasyon Verilerinin Modellenmesi

HIPL, UV-C ve yıkama işleminin dondurulmuş kirazdaki toplam canlı bakteri (TCB), toplam maya ve küf (TMK) hücreleri üzerine inaktivasyon etkinliği Logaritmik Doğrusal Regresyon Modeli ile incelenmiştir. Elde edilen veriler Tablo 4.3'te yer almaktadır.

Tablo 4. 3 Dekontaminasyon uygulamaları sonunda dondurulmuş kiraz örneklerindeki TMK ve TCB hücre sayısı (log KOB/g).

Uygulama	Mesafe (cm)	Doz (J/cm ²)	TMK (log KOB/g)	TCB (log KOB/g)
HIPL	10 cm	Kontrol	4.08±0.03 ^a	2.82±0.01 ^a
		3	3.33±0.14 ^{cd}	2.23±0.06 ^{bc}
		6	3.16±0.06 ^{de}	2.07±0.07 ^{bc}
		9	3.13±0.25 ^{de}	1.27±0.27 ^d
		12	2.96±0.22 ^e	GY
	20 cm	3	3.70±0.08 ^b	2.42±0.33 ^b
		6	3.56±0.22 ^{bc}	1.93±0.45 ^c
		9	3.26±0.02 ^d	1.00±0.00 ^d
		12	3.22±0.13 ^{de}	GY
UV-C	10 cm	Kontrol	4.52±0.21 ^a	2.63±0.00 ^a
		3	3.35±0.13 ^{de}	1.70±0.00 ^{bc}
		6	3.28±0.04 ^{de}	1.20±0.20 ^d
		9	3.23±0.04 ^d	0.70±0.70 ^e
		12	3.11±0.11 ^e	GY
	20 cm	3	3.90±0.20 ^b	1.96±0.22 ^b
		6	3.88±0.14 ^b	1.91±0.37 ^{bc}
		9	3.66±0.23 ^{bc}	1.65±0.00 ^c
		12	3.52±0.04 ^{cd}	GY
Yıkama		Kontrol	4.01±0.43 ^a	2.53±0.01 ^a
		Klor	2.14±0.00 ^b	1.00±0.00 ^c
		Çeşme suyu	2.74±0.26 ^b	2.04±0.00 ^b

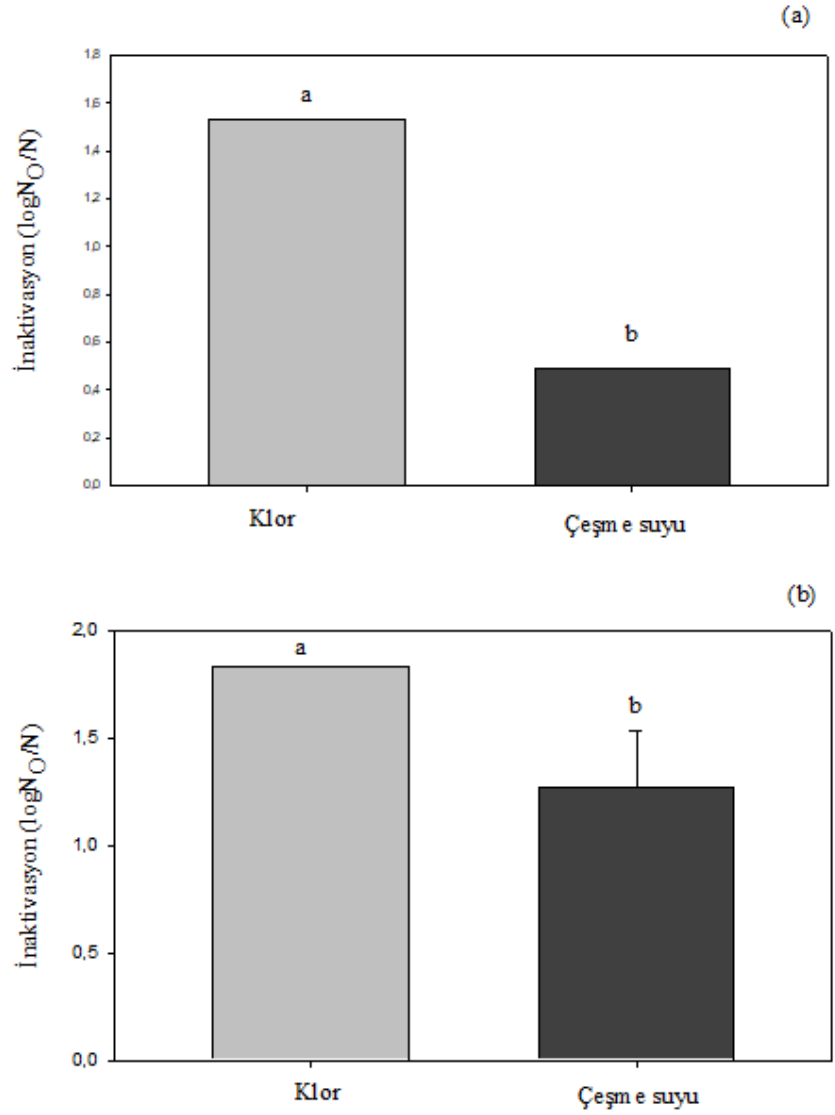
*^{a-e} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen örnekler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

**GY: Gelişme yok

Tablo 4.3'te sunulan veriler, işlem görmüş dondurulmuş kirazdaki TMK ve TCB popülasyonunun artan enerji dozu ve azalan lamba mesafesine bağlı olarak azaldığını göstermektedir. Ek olarak, klorlu yıkamanın dondurulmuş kirazlardaki TMK ve TCB popülasyonu azaltmada çeşme suyu ile yıkamaya kıyasla daha etkili olduğu ifade edilebilmektedir.

4.3.1. Yıkama uygulamalarının dondurulmuş kirazda toplam canlı bakteri (TCB), toplam maya ve küf (TMK) hücrelerinde inaktivasyon etkinliği

Yıkama uygulamalarından sonra dondurulmuş kiraz meyvelerinde doğal olarak bulunan TCB ve TMK hücrelerinde meydana gelen azalma Şekil 4.13'te yer almaktadır.



Şekil 4. 13 Yıkama uygulamaları ile dondurulmuş kirazda TCB (a) ve TMK (b) inaktivasyonu.

*^{a-b} Aynı grafikte farklı harflerle gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0.05).

Tez çalışması kapsamında, klorlu yıkamanın dondurulmuş kiraz meyvelerinde TCB inaktivasyonu için çeşme suyu ile yıkamaya kıyasla daha etkili bir yöntem olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$) (Şekil 4.13(a)). Şekil 4.13(a)'da görüldüğü üzere klorlu yıkama ile 1.53 ± 0.00 log seviyesinde; çeşme suyu ile yıkamada ise 0.49 ± 0.00 log seviyesinde TCB'de azalış meydana gelmiştir.

Yıkamanın dondurulmuş kirazda TMK inaktivasyonu üzerine etkinliği değerlendirildiğinde ise klorlu yıkama ve çeşme suyu ile yıkama uygulamalarının arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır (TMK'te logaritmik azalma miktarı, sırasıyla: 1.87 ± 0.00 ve 1.27 ± 0.02 log) (Şekil 4.13(b)).

Literatürde dondurulmuş meyvelerin dekontaminasyonu ile ilgili çalışmalar yer almaktadır. Örneğin Hazen et al. (2003) yaptıkları çalışmada 100 ppm klor çözeltisinin çeşme suyu ile yıkamaya kıyasla dondurulmuş yabani yabanmersini meyvesinin doğal mikrobiyal yükünü azaltmada daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada klorlu yıkama ile TCB ve TMK'te 1.92 ve 1.01 log azalma sağlanırken bu oran çeşme suyu ile yıkamada 1.20 ve 1.13 log olmuştur.

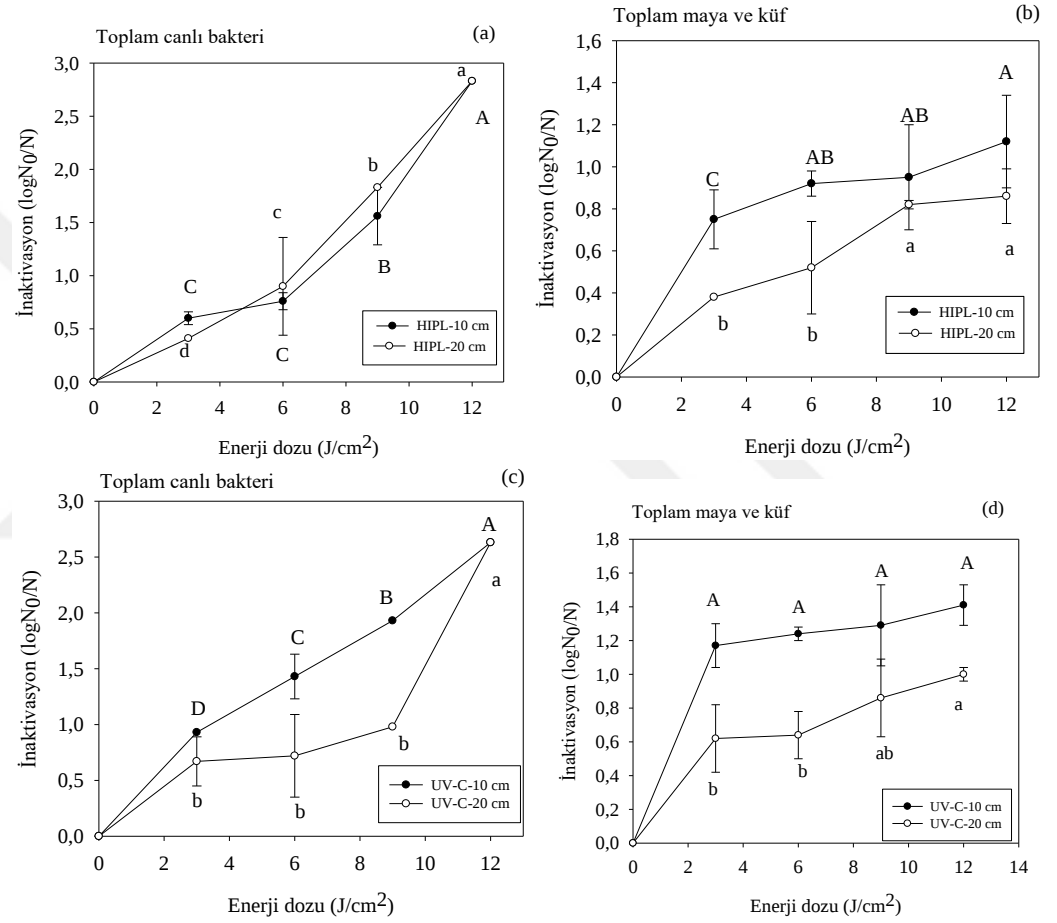
Aynı araştırmacıların başka bir çalışmasında ise klorlanmış su çözeltinin (50-100 ppm) püskürtülerek uygulandığı sanitasyon işlemini takiben bireysel olarak dondurulan yabanmersini örneklerinde TCB 4.39 ± 1.0 log'tan 1.97 ± 1.53 log'a, küf sayısı 3.16 ± 1.50 log'tan 2.14 ± 1.31 log'a ve maya sayısı ise 2.18 ± 0.80 log'tan 0.52 ± 0.86 log'a azaltılmıştır (Hazen et al., 2001).

Sulu ClO_2 çözeltisinin yabanmersini örneklerinde kontrole kıyasla TCB'de 1.4–1.5 log TMK'da ise 0.8–0.9 log azalma sağlandığı başka bir çalışmada bildirilmiştir (Chun et al., 2013).

Tez çalışmasında klorlu yıkama sonucunda elde edilen TMK ve TCB inaktivasyonu >1 log seviyesinde olup yapılan literatür çalışmalarıyla uyum göstermiştir.

4.3.2. Yenilikçi ışık uygulamalarının (UV-C ve HIPL) dondurulmuş kirazda toplam canlı bakteri (TCB), toplam maya ve küf (TMK) hücrelerinde inaktivasyon etkinliği

Farklı lamba mesafesi ve farklı enerji dozlarında UV-C ve HIPL uygulamalarıyla işlenmiş dondurulmuş kiraz meyvelerinde doğal olarak bulunan TCB ve TMK hücrelerinde meydana gelen azalma Şekil 4.14'te yer almaktadır.



Şekil 4. 14 Yenilikçi ışık uygulamalarının dondurulmuş kirazdaki TCB ve TMK hücreleri üzerine inaktivasyon etkisi; 10 cm (●) ve 20 cm (○); HIPL ((a) (b)); UV-C ((c), (d)).

*a-d Aynı grup ve aynı çizgide farklı harflerle gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$).

Tablo 4.3'te sunulan veriler, yüksek enerji dozlarında uygulanan HIPL ve UV-C uygulamalarının dondurulmuş kiraz meyvesi yüzeyinde doğal olarak

bulunan toplam canlı bakterilerin inaktivasyonunda yıkama işlemine kıyasla istatistiksel olarak daha etkili olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Şekil 4.14 (a) ve (c)'de görüldüğü üzere dondurulmuş kirazlarındaki TCB popülasyonu 3-6-9-12 J/cm² enerji dozlarında uygulanan HIPL işleminde 10 cm için 0.60±0.06, 0.75±0.07, 1.56±0.17, 2.83±0.00 log ve 20 cm için 0.41±0.00, 0.89±0.45, 1.83±0.00, 2.83±0.00 log; UV-C işleminde ise 10 cm için 0.93±0.00, 1.43±0.20, 1.93±0.00, 2.63±0.00 log; 20 cm 0.67±0.22, 0.72±0.37, 0.98±0.00, 2.63±0.00 log düzeyinde azaltılmıştır. TCB hücrelerinde sağlanan en yüksek azalma ise her iki ışık uygulaması için 12 J/cm²'de saptanmıştır.

UV ışık uygulamasının etkinliğinin hedef mikroorganizmanın yanı sıra uygulanan yüzeyin özellikleriyle de ilgili olduğu bilinmektedir (Koca vd., 2018). Yüzeyin pürüzlülüğü ve buz tabakasının varlığı UV ışının mikroorganizmaya doğrudan erişimini engellemektedir (Bachmann, 1975; Koca vd., 2018). Bu nedenle düşük UV dozlarında TCB inaktivasyon oranının da az olması olası iki neden ile ilişkili olabilir; meyve yüzeyinin pürüzlülüğü ve dondurulmuş meyve yüzeyinde bulunan buz tabakası. Böyle bir durumda UV ışının penetrasyon gücü azalmakta ve toplam canlı bakteri hücrelerinin inaktivasyonundaki etkinliği de kısıtlanmaktadır (Cao et al., 2019).

Ayrıca HIPL uygulamasında aynı enerji dozunda ve farklı lamba mesafesinde işlenen örnekler arasında TCB inaktivasyonunda istatistiksel fark bulunmamıştır. Bunun nedeni, daha uzun HIPL uygulamasının (20 cm'de) dondurulmuş kiraz meyvelerinin yapısını etkilemesi ve meyve dokusunda yumuşaklığa neden olarak TCB gelişimine fayda sağlaması olabilir (Xu and Wu, 2016). Farklı dozlarda uygulanan HIPL uygulamasının ahududunun doğal mikrobiyotası üzerindeki inaktivasyon etkinliğini araştıran bir çalışmada; 30 s HIPL uygulamasından sonra daha kısa süreli (5 ve 15 s) HIPL uygulamalarına kıyasla ahududu yüzeyinde canlı kalan TCB hücrelerinin istatistiksel olarak daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Xu and Wu, 2016).

3-6-9-12 J/cm² ışık uygulamalarıyla işlenen dondurulmuş kiraz meyvelerinde TMK popülasyonunda HIPL uygulamasında 10 cm için 0.75±0.14,

0.92±0.06, 0.95±0.25, 1.12±0.22 log, 20 cm için 0.38±0.00, 0.52±0.22, 0.82±0.02, 0.86±0.13 log ve UV-C uygulamasında 10 cm için 1.17±0.13, 1.24±0.04, 1.29±0.23, 1.41±0.11 log; 20 cm için 0.62±0.20, 0.64±0.14, 0.86±0.23, 1.00±0.04 log düzeyinde azalma sağlanmıştır (Şekil 4.14 (b)(d)).

Her iki ışık uygulamasında da örneklerde canlı kalan en düşük TMK popülasyonu 12 J/cm²-10 cm'de elde edilmiştir. Ancak ışık uygulamalarıyla elde edilen en yüksek TMK inaktivasyonu klor uygulamasından yüksek değildir. Elde edilen sonuçlar TMK hücrelerinin uygulanan işlem parametrelerinde ışık uygulamalarına göre klorlu yıkama işlemine daha duyarlı olduğunu göstermektedir, bunun bir nedeni uygulanan ışık dozunun doğal mikrobiyota inaktivasyonu için yeterince yüksek olmaması olabilir (Cao et al., 2019). 10 cm lamba mesafesinde belirlenen inaktivasyon miktarının 20 cm'e göre yüksek olması ise daha önce belirtildiği üzere daha uzun UV işlem sürelerinin meyve dokusuna hasar vermesi ve mikroflora gelişimine katkı sağlamasıyla ilişkili olduğu yönündedir (Xu and Wu, 2016).

Literatürde ışık ve sanitasyon uygulamalarının meyvelerin mikroflora popülasyonu üzerindeki inaktivasyon etkinliğinin araştırıldığı çalışmalar yer almaktadır. Kim et al. (2010) yaptıkları bir çalışmada UV-C (5 kJ/cm²) ve klor ile yıkama (50 mg/L) uygulamalarının çilek meyvesindeki TCB popülasyonunu sırasıyla 0.99 ve 1.42 log; TMK popülasyonunda ise 1.03 ve 1.55 log azalttığını bildirmişlerdir.

Ayrıca yapılan bir çalışmada, HIPL işlemi (3 J/cm²; 35 cm), uygulanan çilek örneklerinde, işlem sonrası kontrole kıyasla önemli ölçüde TMK inaktivasyonu sağlanmamıştır (p<0.05) (Cao et al., 2019). Luksiene et al. (2013), HIPL uygulamasının (3.9 J/cm²) çilekte mezofilik bakteri ve maya ve küf popülasyonlarında sırasıyla 2.2 log ve 1 log azalma sağladığını belirlemişlerdir. Yapılan tez çalışmasında dondurulmuş kirazlardaki mikroflora popülasyonunda HIPL ve UV-C uygulamalarından hemen sonra yüksek bir azalma sağlanmamış olup, sonuçlar daha önceki çalışmalarda elde edilen bulgular ile uyumluluk göstermiştir. Ek olarak, Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği (2009)'a göre (Tebliğ No: 2009/6) dondurulmuş meyvelerde en fazla 10⁵ kob/g

maya ve küf bulunabilebileceği belirtilmektedir. Yine aynı Tebliğ’de, ürün çeşidine göre çeşitli gıda ürünlerinde bulunabilecek toplam canlı sayısı ise en fazla 10^4 - 10^6 kob/g arasında olduğu bildirilmektedir (Türk Gıda Kodeksi, 2021). Bu açıdan tez çalışması kapsamında dekontaminasyon uygulamaları ile işlem görmüş örnekler TCB ve TMK yönünden Türk Gıda Kodeksi’ne uygun bulunmuştur.

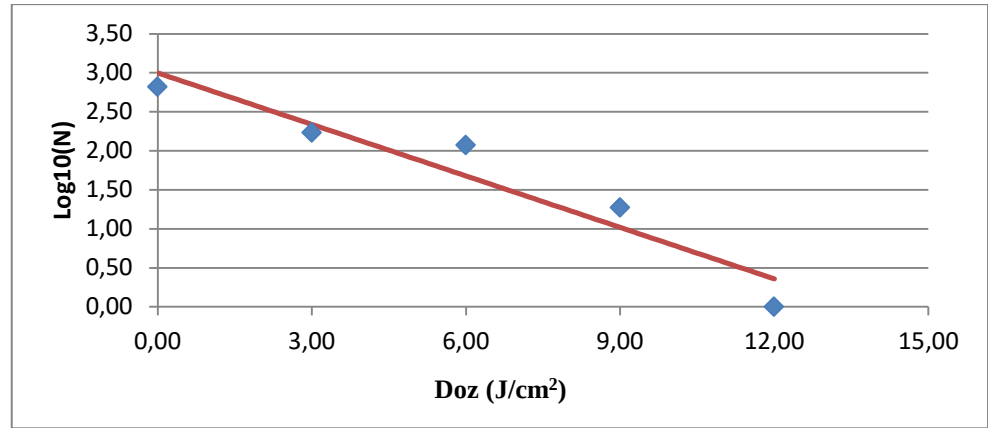
4.3.3. Yenilikçi ışık uygulamalarıyla işlenen dondurulmuş kirazlardaki TCB ve TMK inaktivasyon verilerinin modellenmesi

3-6-9-12 J/cm² enerji dozunda, 10-20 cm lamba mesafesinde HIPL ve UV-C uygulamasıyla işlenen dondurulmuş kiraz meyvelerinin işlem sonrasındaki TCB ve TMK verileri GiNaFiT eklentisi kullanılarak Excel programında Logaritmik Doğrusal Regrasyon modeli ile incelenmiştir (Tablo 4.4 ve Tablo 4.5).

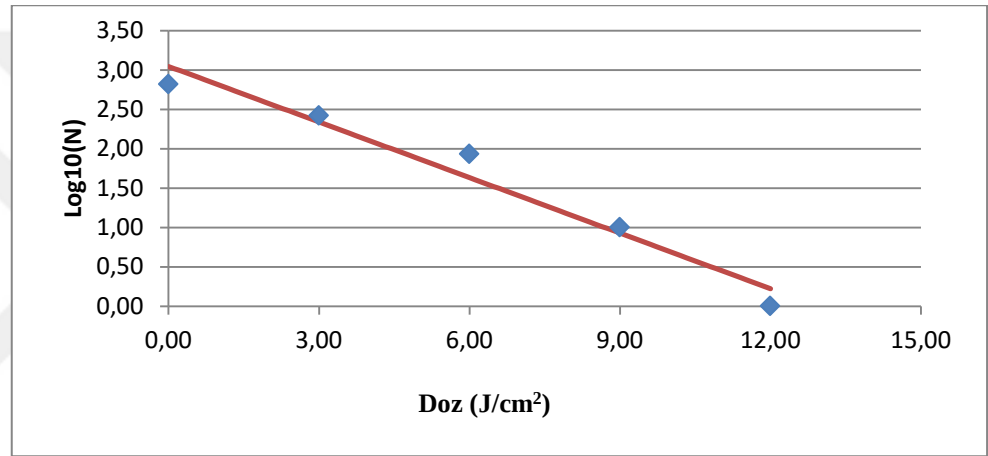
Tablo 4. 4 TCB hücrelerinin farklı lamba mesafesi ve enerji dozunda uygulanan UV-C ve HIPL işlemlerine göre inaktivasyon model parametreleri ve istatistiksel indekslerin karşılaştırılması.

Model	Logaritmik Doğrusal Regrasyon Modeli			
Uygulama	HIPL		UV-C	
Lamba Mesafesi	10 cm	20 cm	10 cm	20 cm
Kare hata toplamı	0.39	0.20	0.06	0.74
$k_{\max}$	0.51±0.09	0.54±0.06	0.48±0.03	0.43±0.12
$\log_{10}(N_0)$	3.00±0.28	3.05±0.20	2.50±0.11	2.74±0.39
Ort. kare hata toplamı	0.1296	0.0665	0.0185	0.2474
RMSE	0.3599	0.2579	0.1361	0.4974
R^2	0.9181	0.9615	0.9860	0.8070
adj- R^2	0.8908	0.9487	0.9814	0.7426

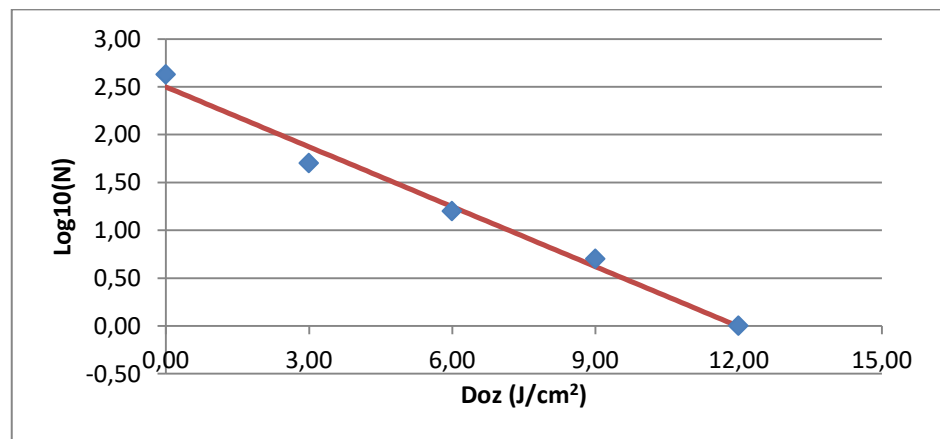
* $k_{\max}$: Spesifik inaktivasyon hızı (cm²/J), adj- R^2 : düzeltilmiş R^2 , RMSE: Ortalama kareler hatası karekökü



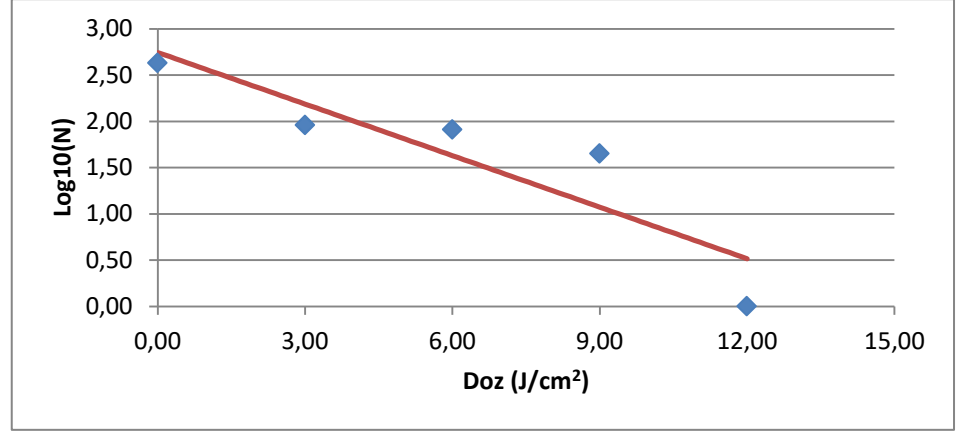
Şekil 4. 15 HIPL 10 cm uygulaması TCB Logaritmik Doğrusal Model.



Şekil 4. 16 HIPL 20 cm uygulaması TCB Logaritmik Doğrusal Model.



Şekil 4. 17 UV-C 10 cm uygulaması TCB Logaritmik Doğrusal Model.



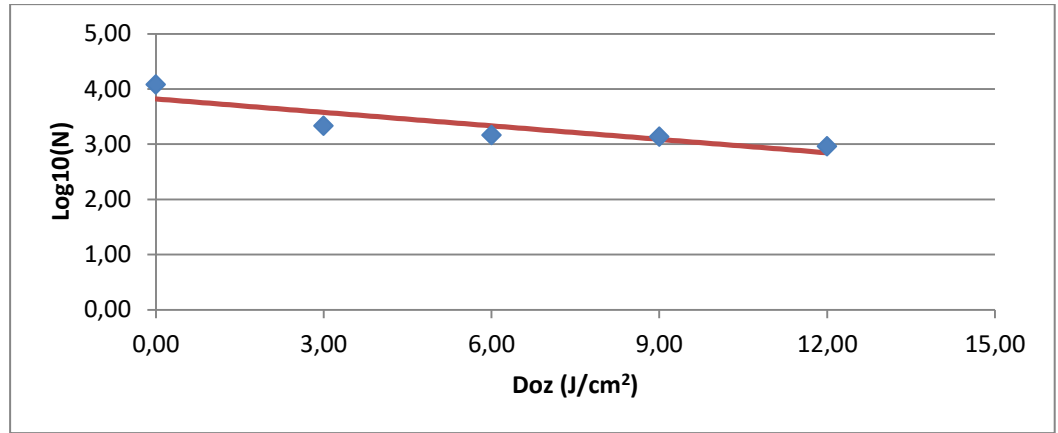
Şekil 4. 18 UV-C 20 cm uygulaması TCB Logaritmik Doğrusal Model.

Dondurulmuş kiraz meyvesinin yenilikçi ışık teknolojileriyle farklı lamba mesafelerinde farklı enerji dozlarıyla işlenmesi sonrasında TCB hücrelerinin inaktivasyon verilerinin model parametreleri ve istatistiksel indekslerinin incelenmiştir. RMSE, R^2 ve $\text{adj-}R^2$ değerlerine göre en uygun uygulamanın HIPL-20 cm ve UV-C-10 cm olduğu; TCB sayısında 1 logaritmik birim azalma sağlayabilmek için uygulanacak minimum enerji dozunun ise sırasıyla 4.23 J/cm^2 ve 4.78 J/cm^2 olduğu saptanmıştır.

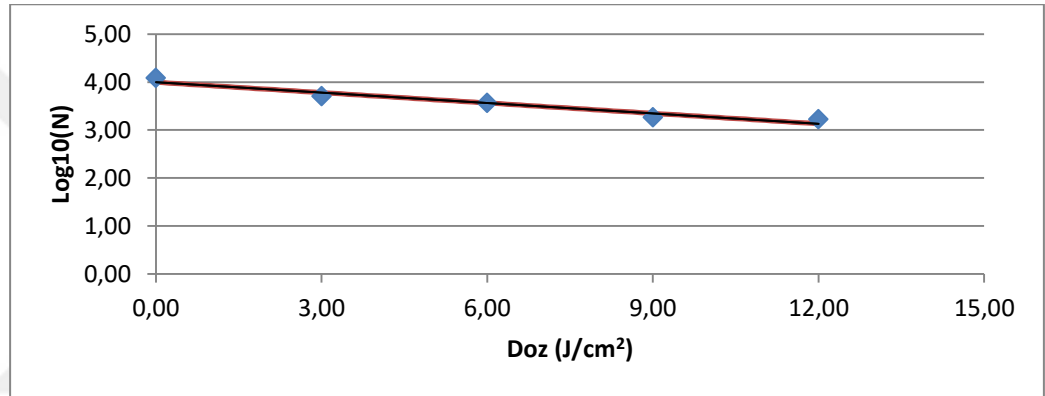
Tablo 4. 5 TMK hücrelerinin farklı lamba mesafesi ve enerji dozunda uygulanan UV-C ve HIPL işlemlerine göre inaktivasyon model parametreleri ve istatistiksel indekslerin karşılaştırılması.

Model	Logaritmik Doğrusal Regrasyon Modeli			
Uygulama	HIPL		UV-C	
Lamba Mesafesi	10 cm	20 cm	10 cm	20 cm
Kare hata toplamı	0.17	0.03	0.47	0.08
$k_{\max}$	0.19 ± 0.06	0.17 ± 0.02	0.23 ± 0.10	0.17 ± 0.04
$\text{Log}_{10}(N_0)$	3.82 ± 0.19	4.00 ± 0.08	4.09 ± 0.31	4.34 ± 0.13
Ort. kare hata toplamı	0.0576	0.0097	0.1573	0.0283
RMSE	0.2401	0.0983	0.3966	0.1683
R^2	0.7749	0.9416	0.6468	0.8552
$\text{adj-}R^2$	0.6999	0.9221	0.5291	0.8069

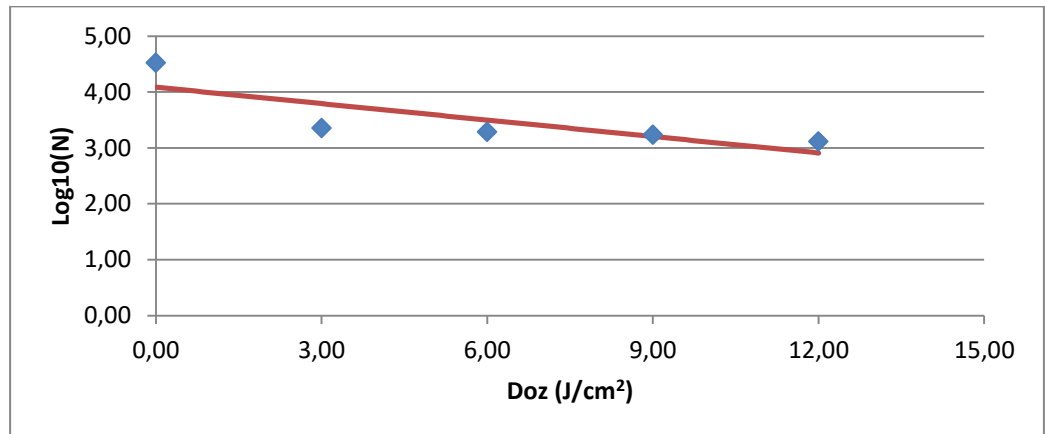
* $k_{\max}$: Spesifik inaktivasyon hızı (cm^2/J), $\text{adj-}R^2$: düzeltilmiş R^2 , RMSE: Ortalama kareler hatası karekökü



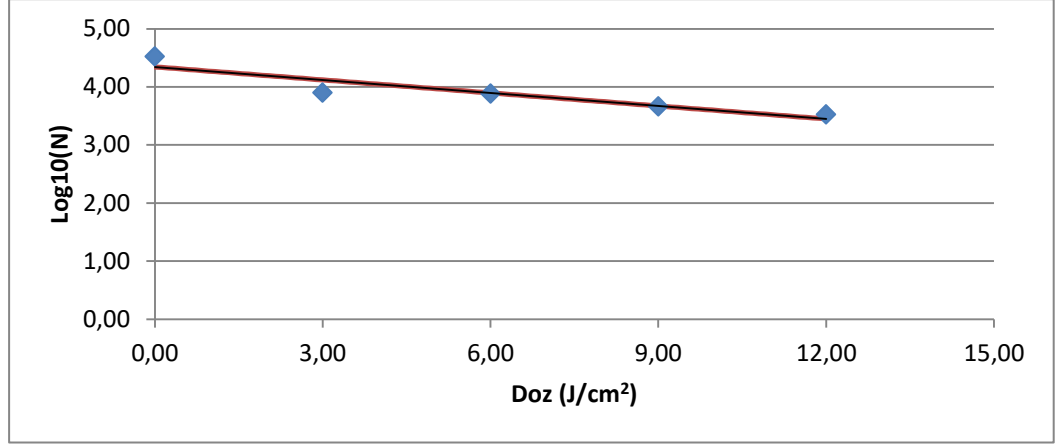
Şekil 4. 19 HIPL 10 cm uygulaması TMK Logaritmik Doğrusal Model.



Şekil 4. 20 HIPL 20 cm uygulaması TMK Logaritmik Doğrusal Model.



Şekil 4. 21 UV-C 10 cm uygulaması TMK Logaritmik Doğrusal Model.



Şekil 4. 22 UV-C 20 cm uygulaması TMK Logaritmik Doğrusal Model.

Dondurulmuş kiraz meyvesinin yenilikçi ışık teknolojileriyle farklı lamba mesafelerinde farklı enerji dozlarıyla işlenmesi sonrasında TMK hücrelerinin inaktivasyon verilerinin model parametreleri ve istatistiksel indekslerinin incelenmiştir. RMSE, R^2 ve adj- R^2 değerlerine göre en uygun uygulamanın HIPL-20 cm ve UV-C-20 cm olduğu; TMK sayısında 1 logaritmik birim azalma sağlayabilmek için uygulanacak minimum enerji dozunun ise sırasıyla 13.83 J/cm² ve 13.44 J/cm² olduğu saptanmıştır.

4.4. Dekontaminasyon Uygulamalarının Dondurulmuş Kiraz Meyvesinin Kimyasal, Fiziksel ve Duyusal Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri

4.4.1. Ağırlık kaybı, pH, toplam titre edilebilir asitlik ve suda çözünür kuru madde

Yıkama işlemi uygulanmış dondurulmuş kiraz meyvesine ait bazı kalite özellikleri Tablo 4.6'da yer almaktadır. İşlem görmemiş dondurulmuş kirazlarda ölçülen pH, SÇKM ve TTA değerleri sırasıyla 4.85 ± 0.01 , 21.80 ± 1.55 ve % 0.47 ± 0.00 malik asit olup, literatürde kirazlarda bildirilen aralık dahilindedir (Usenik et al., 2008; Li et al., 2008; Eroğlu, 2016; Sotelo et al., 2018).

Tablo 4. 6 Her uygulama için kirazların ağırlık kaybı, pH, SÇKM ve TTA değerleri.

		Ağırlık Kaybı (%)	pH	SÇKM (°Bx)	TTA (%Malik Asit)
Yıkama	Kontrol	16.72	4.85±0.01 ^b	21.80±1.55 ^a	0.47±0.00 ^a
	Klor	28.08	4.72±0.01 ^c	21.73±0.00 ^a	0.48±0.01 ^a
	Çeşme suyu	21.45	4.91±0.00 ^a	20.90±0.00 ^a	0.47±0.00 ^a
HIPL	Kontrol	16.72	4.85±0.01 ^{ab}	21.80±1.55 ^{ab}	0.47±0.00 ^e
	3 J/cm ² -10 cm	17.94	4.81±0.05 ^{abc}	22.00±0.00 ^{ab}	0.50±0.00 ^{ab}
	6 J/cm ² -10 cm	13.72	4.81±0.01 ^{bc}	22.00±0.00 ^{ab}	0.50±0.00 ^{ab}
	9 J/cm ² -10 cm	15.69	4.82±0.00 ^{abc}	21.27±1.27 ^{ab}	0.50±0.01 ^{abc}
	12 J/cm ² -10 cm	18.96	4.82±0.01 ^{abc}	22.36±0.63 ^a	0.51±0.01 ^a
	3 J/cm ² -20 cm	15.35	4.78±0.01 ^{cd}	22.00±0.00 ^{ab}	0.51±0.01 ^a
	6 J/cm ² -20 cm	15.63	4.75±0.00 ^d	20.35±0.63 ^b	0.48±0.01 ^{de}
	9 J/cm ² -20 cm	15.76	4.85±0.03 ^a	22.00±0.00 ^{ab}	0.48±0.01 ^{cde}
	12 J/cm ² -20 cm	19.82	4.78±0.01 ^{cd}	21.63±0.63 ^{ab}	0.49±0.01 ^{bcd}
	Kontrol	16.72	4.85±0.01 ^c	21.80±1.55 ^a	0.47±0.00 ^c
	3 J/cm ² -10 cm	15.08	4.89±0.02 ^{ab}	22.73±0.63 ^a	0.48±0.01 ^b
	6 J/cm ² -10 cm	16.45	4.86±0.01 ^{bc}	22.73±0.63 ^a	0.50±0.00 ^a
UV-C	9 J/cm ² -10 cm	16.41	4.86±0.01 ^{bc}	21.26±0.63 ^{ab}	0.50±0.00 ^a
	12 J/cm ² -10 cm	18.01	4.92±0.02 ^a	20.16±0.63 ^b	0.50±0.00 ^a
	3 J/cm ² -20 cm	13.29	4.78±0.05 ^d	22.00±0.00 ^a	0.48±0.01 ^b
	6 J/cm ² -20 cm	20.06	4.83±0.01 ^c	21.63±0.63 ^a	0.48±0.00 ^b
	9 J/cm ² -20 cm	17.75	4.77±0.02 ^d	20.16±0.63 ^b	0.49±0.01 ^b
	12 J/cm ² -20 cm	24.46	4.86±0.01 ^{bc}	21.26±0.63 ^{ab}	0.49±0.01 ^{ab}

*Aynı grubu takip eden farklı harfler, uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkları gösterir (p<0.05).

Dekontaminasyon uygulamalarıyla işlenen dondurulmuş kirazlarda çözündürme işlemi sonrası meydana gelen ağırlık kaybı, çeşme suyu ile yıkama sonrasında % 21.45; klor ile yıkama sonrasında % 28.08 olarak ölçülmüştür.

HIPL ve UV-C ile işlem görmüş örneklerde elde edilen sonuçlar, daha düşük dozlarda uygulanan ışık uygulamalarının (3 ve 6 J/cm^2) çözündürme işlemi sonrasında örneklerde meydana gelen ağırlık kaybını azaltmada önemli bir pozitif etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Gıdaların pH'sı, ürünün bozulmasına neden olan mikroorganizmaların türünü ve gelişimini etkilediği gibi, gıdanın duyuşal ve organoleptik özelliklerini de etkilemekte, bu nedenle gıdalarda önemli bir kalite kriteri olmaktadır (Abdipour et al., 2019). Tez kapsamında, işlem görmüş kiraz örneklerinin pH değeri 4.72 - 4.91 arasında değişmiştir.

Toplam titre edilebilir asitlik (TTA), kiraz meyvesinin olgunlaşması ile ilgili önemli bir kalite parametresidir (Abdipour et al., 2020). Tablo 4.6'da gösterildiği gibi, yıkama işlemlerinden sonra kirazın TTA değerleri, kontrol değerlerine kıyasla istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Tez kapsamında, UV-C ve HIPL uygulamalarında artan doz ile örneklerin TTA değerlerinde hafif bir artış saptanmıştır, ancak TTA değeri artan lamba mesafesi ile azalmıştır.

Gıdalardaki diğer önemli kalite kriteri ise suda çözünür kuru madde (SÇKM) değeridir. SÇKM bir meyvenin ne kadar “tatlı” bir tada sahip olduğu gösterebilmektedir (Pataro et al., 2015). Tez kapsamında elde edilen işlem görmüş kiraz örneklerindeki SÇKM değerleri, ışık ve yıkama uygulamalarından istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilenmemiştir.

Literatür çalışmaları incelendiğinde ışık uygulamalarıyla işlem görmüş meyvelerin kalite özelliklerinin incelendiği çalışmalar yer almaktadır. Tez çalışmasında elde edilen ağırlık kaybı sonuçlarına benzer sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarda bildirilmiştir. Örneğin Xu et al. (2016), UV-C (4 kJ/m^2 -3 dk.) veya UV-C (4 kJ/m^2 -3 dk.) + 2 mg/L ClO_2 kombine uygulamasıyla işlem görmüş taze yaban mersini örneklerinde meydana gelen ağırlık kaybının, işlem görmemiş ve 2 mg/L ClO_2 uygulanmış taze yaban mersini örneklerine kıyasla daha az olduğunu, bireysel veya ClO_2 ile kombine UV-C uygulamasının yaban mersini örneklerinde ağırlık kaybını önemli ölçüde engellediğini bildirmiştir ($p < 0.05$).

Yapılan başka bir çalışmada ise 13 cm dikey lamba mesafesinde 0-120 s süreyle vurgulu UV ışık (PUV) uygulamasının yaban mersini örneklerinin TTA ve pH değerlerine etkisini incelenmiştir (Güner, 2012). Yapılan çalışmada, belirtilen değerlerin artan ışık dozu (işlem süresi) ile bir korelasyon göstermediği bildirilmiştir (Kontrol; % 0.48 TTA ve 3.16 pH). Çalışmada, en yüksek TTA (% 0.42) ve en düşük pH (3.07) değeri 90 sn. PUV uygulamasından sonra ölçülmüştür. Diğer yandan, 120 s PUV uygulamasının TTA ve pH üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Bu, çalışmada belirtilen işlem süresi boyunca (0-120 s) vurgulu UV ışığının TTA ve pH üzerinde hiçbir bozunma etkisi oluşturmadığı anlamına gelmektedir (Güner, 2012).

Literatür çalışmalarında elde edilen sonuçlara benzer bir şekilde yapılan tez çalışmasında elde edilen sonuçlar, düşük dozlarda uygulanan ($3-6 \text{ J/cm}^2$) ışık uygulamalarının çözündürme işlemi sonrasında ağırlık kaybını azaltmada etkili olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca çalışılan işlem parametrelerinde ışık uygulamaları sonrasında örneklerin pH, TTA ve SÇKM değerlerinde değişikliğe neden olduğu, ancak kontrole kıyasla bu oranın %5'i geçmediği belirlenmiştir.

4.4.2. Toplam monomerik antosiyanin miktarı

Antosiyaninler meyvelere ait kırmızı, mavi ve mor renkten sorumlu bileşenlerdir, özellikle kiraz grubu kırmızı meyvelerde yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Kiraz meyvelerinde bulunan baskın antosiyanin grupları siyanidin-3-glukozittir (Bayram ve Öztürkcan, 2020). Dekontaminasyon uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinin işlem öncesi ve sonrası toplam monomerik antosiyanin miktarları Tablo 4.7’de yer almaktadır.

Tablo 4. 7 Yıkama, UV-C ve HIPL uygulamalarıyla işlenen dondurulmuş kiraz meyvesinin toplam monomerik antosiyanin madde miktarı (TAM) (mg cyd-3-glu/g).

Uygulama	Örnek	TAM (mg cyd-3-glu/g)
Yıkama	Kontrol	0.18±0.01 ^a
	Klor	0.12±0.01 ^c
	Çeşme suyu	0.15±0.02 ^b
HIPL	Kontrol	0.18±0.01 ^a
	3 J/cm ² -10 cm	0.15±0.01 ^b
	6 J/cm ² -10 cm	0.13±0.01 ^{bc}
	9 J/cm ² -10 cm	0.13±0.01 ^{cd}
	12 J/cm ² -10 cm	0.10±0.01 ^f
	3 J/cm ² -20 cm	0.14±0.01 ^{bc}
	6 J/cm ² -20 cm	0.11±0.01 ^{ef}
	9 J/cm ² -20 cm	0.12±0.01 ^{de}
	12 J/cm ² -20 cm	0.15±0.01 ^b
	Kontrol	0.18±0.01 ^a
UV-C	3 J/cm ² -10 cm	0.15±0.01 ^{cd}
	6 J/cm ² -10 cm	0.14±0.01 ^{de}
	9 J/cm ² -10 cm	0.12±0.01 ^e
	12 J/cm ² -10 cm	0.17±0.01 ^{ab}
	3 J/cm ² -20 cm	0.15±0.01 ^{cd}
	6 J/cm ² -20 cm	0.12±0.02 ^e
	9 J/cm ² -20 cm	0.16±0.01 ^{bc}
	12 J/cm ² -20 cm	0.15±0.01 ^{cd}

*Aynı gruplarda farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır (p<0.05)

Tablo 4.7’de gösterildiği gibi, yıkama uygulamaları sonrasında kiraz örneklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarı, kontrole kıyasla istatistiksel olarak önemli seviyede azalmıştır ($p<0.05$).

Tez kapsamında, HIPL ve UV-C uygulamalarının dondurulmuş kirazın TAM içeriğini değiştirdiği belirlenmiştir. İşlem görmüş kirazların en yüksek TAM içeriği HIPL işleminde 0.15 ± 0.01 mg syn-3-glu/g ve UV-C işleminde 0.17 ± 0.01 mg syn-3-glu/g olarak belirlenmiştir ve kontrole göre aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Literatürde UV-C ve HIPL uygulamalarının dondurulmuş kirazının TAM içeriği üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Yapılan bir çalışmada, HIPL dozuna (0, 5.0, 14.3 veya 28.2 J/cm^2) bağlı olarak ahudududa (başlangıç; $0.426 \text{ mg syn-3-glu/g}$) TAM seviyelerinin değiştiği bildirilmiştir (Xu et al. 2016). İşlem görmüş örneklerde en düşük ve en yüksek TAM içeriği sırasıyla 5 J/cm^2 ’de $0.387 \text{ mg syn-3-glu/g}$ ve 28.2 J/cm^2 ’de $0.486 \text{ mg syn-3-glu/g}$ taze meyve olarak rapor edilmiştir.

Zhang et al. (2011)’in yaptığı bir çalışmada ise, farklı enerji dozlarında UV-C işlemi uygulanan kiraz örneklerinin 6 günlük depolama süresi boyunca TAM içeriğindeki değişimler araştırılmıştır. 0. günde uygulanan UV-C işleminde artan enerji dozlarında ($1.05\text{-}4.2 \text{ kJ/m}^2$) kontrol örneğine kıyasla ($0.212 \text{ mg cyd-3-glu/g}$) kiraz örneklerinin antosiyanin madde içeriğinde hafif bir artış saptanmıştır. Çalışmada 6 günlük depolama sırasında kiraz örneklerinde meydana gelen en yüksek antosiyanin madde içeriği ise 2.1 kJ/m^2 enerji dozunda $0.37 \text{ mg cyd-3-glu/g}$ olmuştur.

UV-C uygulamasının TAM üzerindeki etkilerinin incelendiği başka bir çalışmada ise 12.5 J/mL ve 62.4 J/mL dozunda UV-C ile işlem görmüş nar suyunun TAM madde içeriğinde azalma meydana gelmiştir (Pala ve Toklucu, 2011). Çalışmada, uzun süreli UV-C ışık uygulamalarının, pigmentler üzerinde renk değişiklikleri yaparak antosiyaninlerde foto kimyasal değişimlere neden olabileceği bildirilmiştir (Guerrero-Beltra’n et al., 2009; Pala ve Toklucu., 2011).

Tez çalışmasında elde edilen TAM sonuçları literatür çalışmaları ile karşılaştırıldığında, yapılan çalışmalardan farklı olarak artan enerji dozuna bağlı olarak işlem görmüş kiraz örneklerinin TAM içeriğinde artış olmadığı saptanmıştır. Bunun nedeni, uygulanan farklı UV dozları, farklı lamba mesafeleri, UV ışığın sürekli/kesikli uygulanma şekli, meyvenin türü, meyvenin taze veya dondurulmuş olması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Cao et al., 2017). Ayrıca, Pala ve Toklucu (2011)'in yaptığı çalışmada belirtildiği üzere, ışık uygulamalarının antosiyaninler üzerinde kimyasal değişikliklere neden olabileceği, tez çalışmasında elde edilen TAM sonuçlarındaki değişimi açıklar niteliktedir.

4.4.3. Toplam fenolik madde içeriği

Kırmızı meyveler fenolik bileşiler bakımından zengin kaynaklardır. Meyvenin çeşidi, olgunluğu, yetiştirildiği yer, yetiştirilme şekli, hasat zamanı, depolama koşulları gibi birçok faktöre bağlı olarak meyvelerde bulunan fenolik bileşiklerin miktarı değişkenlik göstermektedir (Bayram ve Öztürkcan, 2020). Dekontaminasyon uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinin işlem öncesi ve sonrası toplam fenolik madde miktarları Tablo 4.8'de yer almaktadır.

Tablo 4. 8 Yıkama, UV-C ve HIPL uygulamalarıyla işlenen dondurulmuş kiraz meyvesinin toplam fenolik madde miktarı (TFM) (mg GAE/g).

Uygulama	Örnek	TFM (mg GAE/g)
Yıkama	Kontrol	0.62±0.08 ^a
	Klor	0.56±0.04 ^a
	Çeşme suyu	0.59±0.09 ^a
HIPL	Kontrol	0.62±0.08 ^{cd}
	3 J/cm ² -10 cm	0.81±0.04 ^b
	6 J/cm ² -10 cm	0.92±0.12 ^a
	9 J/cm ² -10 cm	0.78±0.11 ^b
	12 J/cm ² -10 cm	0.58±0.03 ^d
	3 J/cm ² -20 cm	0.71±0.04 ^{bc}
	6 J/cm ² -20 cm	0.96±0.05 ^a
	9 J/cm ² -20 cm	0.71±0.05 ^{bc}
	12 J/cm ² -20 cm	0.59±0.08 ^d
	Kontrol	0.62±0.08 ^c
	3 J/cm ² -10 cm	0.67±0.10 ^{bc}
	6 J/cm ² -10 cm	0.67±0.06 ^{bc}
UV-C	9 J/cm ² -10 cm	0.71±0.02 ^{abc}
	12 J/cm ² -10 cm	0.69±0.11 ^{bc}
	3 J/cm ² -20 cm	0.73±0.05 ^{ab}
	6 J/cm ² -20 cm	0.69±0.17 ^{bc}
	9 J/cm ² -20 cm	0.82±0.14 ^a
	12 J/cm ² -20 cm	0.67±0.06 ^{bc}

*Aynı gruplarda farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır (p<0.05).

Tablo 4.8’de gösterildiği gibi, işlem görmüş dondurulmuş kirazın toplam fenolik madde içeriği kontrol örneğine kıyasla yıkama uygulamalarından etkilenmezken, ışık uygulamalarıyla (UV-C ve HIPL) işlenmiş örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (p<0.05).

Örneklerin toplam fenolik madde içeriği, UV-C ve HIPL uygulamalarının farklı doz ve lambda mesafelerinde değişiklik göstermiştir. HIPL uygulamasından sonra, kontrol örneğine kıyasla en yüksek TFM değeri 6 J/cm²-20 cm’de (0.96±0.05 mg GAE/g) meydana gelmiştir. UV-C işleminden sonra ölçülen en

yüksek TFM değeri 9 J/cm^2 -20 cm'de $0.82 \pm 0.14 \text{ mg GAE/g}$ 'dır, ancak bu değer HIPL ile elde edilenden daha yüksek değildir.

Tez çalışmasıyla elde edilen verilere benzer sonuçlar literatürde yer almaktadır. Güner (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, vurgulu ultraviyole ışık (PUV) uygulamasında işlem süresi ile (0-120 sn.) yaban mersini örneklerindeki TFM miktarı arasında doğrusal bir korelasyon olmadığı bildirilmiştir. Çalışmada 60 s veya 90 s PUV uygulamasının yaban mersininin toplam fenolik içeriğini kontrole kıyasla ($2.08 \pm 0.84 \text{ mg GAE/g}$) önemli ölçüde arttırdığı sonucuna varılmıştır (sırasıyla 3.05 ± 0.22 ve $3.07 \pm 0.47 \text{ mg GAE/g}$).

Zhang et al. (2011)'in yaptığı bir çalışmada ise, farklı enerji dozlarında UV-C işlemi uygulanan kiraz örneklerinin 6 günlük depolama süresi boyunca TFM içeriğindeki değişimler araştırılmıştır. 0. günde kontrol örneğinin TFM içeriği 0.97 mg GAE/g olarak saptanmıştır. UV-C ile işlenen örneklerde 6 gün depolama boyunca TFM içeriğinde meydana gelen en yüksek TFM içeriği 2.10 kJ/m^2 enerji dozuyla işlenen kirazlarda depolamanın 144. saatinde meydana gelmiştir (1.26 mg GAE/g).

Yapılan başka bir çalışmada ise, uygulanan UV-C dozuna ($0-6.45 \text{ kJ/m}^2$) bağlı olarak yaban mersini örneklerinde artan bir toplam fenolik madde miktarının olduğu bildirilmiştir (kontrol $3.12 \pm 0.06 \text{ mg GAE/g}$) (Wang et al., 2009). UV-C ile işlenen yaban mersini örneklerindeki en yüksek TFM içeriğini 2.15 kJ/m^2 enerji dozunda 4.97 mg GAE/g olarak tespit edilmiştir. Wang et al. (2009)'da bildirilen sonuçlar, bu tez çalışması kapsamında UV-C ışık dozu ile kiraz meyvelerinin TFM içeriğindeki değişime benzerlik göstermiştir.

Literatür çalışmaları incelendiğinde belirli bir doza kadar artan UV ışık dozlarının bazı meyvelerin toplam fenolik madde içeriğinde artmaya neden olduğu belirlenmiştir (Wang et al., 2009; Güner, 2012). Ancak bu değişim meyvenin cinsine, uygulanan enerji dozuna ve işlem süresine bağlı olarak değişmektedir. Literatür çalışmaları ile uyumlu bir şekilde tez çalışması kapsamında elde edilen TFM sonuçlarına göre genel olarak UV ışık

uygulamalarının kiraz meyvelerinde TFM miktarını arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

4.4.4. Tekstür

Tekstür, kirazlar için bir başka kalite göstergesidir. Planton (1992)'ye göre, tüketiciler için kirazın meyve etinin gevrek ve şeklinin düzgün olmasının kirazın satın alınmasında önemli bir faktördür (Koçak ve Bal, 2017). Dekontaminasyon uygulamalarıyla işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinin tekstür değerleri Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4. 9 Yıkama, UV-C ve HIPL ile işlenen kirazların sertlik değerleri (N).

Uygulama	Örnek	Tekstür (N)
Yıkama	Kontrol	7.43±1.30 ^a
	Klor	7.93±2.38 ^a
	Çeşme suyu	6.83±3.30 ^a
HIPL	Kontrol	7.43±1.30 ^a
	3 J/cm ² -10 cm	8.24±2.60 ^a
	6 J/cm ² -10 cm	8.32±3.50 ^a
	9 J/cm ² -10 cm	8.43±2.84 ^a
	12 J/cm ² -10 cm	8.90±3.16 ^a
	3 J/cm ² -20 cm	7.03±1.99 ^a
	6 J/cm ² -20 cm	7.24±1.72 ^a
	9 J/cm ² -20 cm	7.30±1.02 ^a
	12 J/cm ² -20 cm	7.38±0.81 ^a
	Kontrol	7.43±1.30 ^a
UV-C	3 J/cm ² -10 cm	8.74±0.84 ^a
	6 J/cm ² -10 cm	8.75±1.01 ^a
	9 J/cm ² -10 cm	8.35±1.53 ^a
	12 J/cm ² -10 cm	8.36±1.58 ^a
	3 J/cm ² -20 cm	7.23±1.40 ^a
	6 J/cm ² -20 cm	7.47±2.64 ^a
	9 J/cm ² -20 cm	7.39±2.36 ^a
	12 J/cm ² -20 cm	7.86±0.63 ^a

Tablo 4.9'da gösterildiği gibi, yıkama, HIPL ve UV-C ile işlenmiş kirazların tekstür değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark saptanmamıştır

($p < 0.05$). Elde edilen değerler, işlemlerin kirazların tekstür özelliklerinde önemli bir farklılığa neden olmadığını açıkça göstermiştir.

Elde edilen veriler ile uyumlu bir şekilde, Marquenie et al. (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, UV-C uygulaması ile işlenen kiraz ve çilek meyvelerinin ile işlem görmemiş meyvelerin sertlik değerleri arasında bir fark saptanmamıştır. Bu durum UV ışığının, çalışılan doz aralığında ($0.05-1.50 \text{ J/cm}^2$) meyve dokusunda herhangi bir hasar oluşturmaması ile ilişkilendirilmiştir (Marquenie et al., 2002).

4.4.5. Renk

Dekontaminasyon uygulamaları sonucunda elde edilen örneklere ait renk değerleri (L^* , a^* , b^* , c^* , h° ve ΔE) Tablo 4.10'da verilmiştir. L^* değerindeki azalış kiraz yüzeyinin parlaklığındaki artışı, c^* ve h değerindeki azalış ise meyve yüzeyinin kırmızı renginin yoğunluğundaki artışı ifade etmektedir (Üstünel vd., 2008; Kılıç vd., 2020). Ayrıca sıfıra yakın bir toplam renk farkı (ΔE), örneğin kontrole benzer bir renge sahip olduğunu ifade etmektedir (Nemzer et al., 2018). Ek olarak, 3.0'ın altındaki ΔE değerleri "gıdalardaki renk farkı gözle ayırt edilebilir düzeyde ve kontrol grubuna kıyasla önemsiz seviyede", 3.0 ile 5.0 arasındaki ΔE değerleri "gıdalardaki renk farkı göz ile ayırt edilebilir ve kontrol grubuna kıyasla önemli seviyede renk farklılığı" ve 5.0'ın üzerindeki ΔE değerleri "gıdalardaki renk farkı önemli seviyede ancak kontrol grubuna kıyasla kabul edilemez düzeyde" olduğunu ifade etmektedir (Ebeid et al., 2014).

Tablo 4. 10 Yıkama, HIPL ve UV-C ile işlem görmüş örneklerin renk değerleri.

İşlem	Örnek	L*	a*	b*	c*	h°	ΔE
Yıkama	Kontrol	22.57±1.7 2 ^a	7.81±1.6 7 ^a	5.32±0.9 2 ^a	9.48±1.7 3 ^a	0.60±0.0 9 ^a	-
	Klor	24.11±1.8 2 ^a	7.44±2.4 5 ^a	5.30±1.8 3 ^a	9.15±3.0 2 ^a	0.62±0.0 5 ^a	3.13±1.8 7 ^a
	Çeşme suyu	23.41±0.8 1 ^a	7.23±1.5 2 ^a	4.40±0.7 5 ^b	8.49±1.5 3 ^a	0.55±0.0 8 ^a	2.07±0.7 5 ^a
HIPL	Kontrol	22.57±1.7 2 ^a	7.81±1.6 7 ^a	5.32±0.9 2 ^a	9.48±1.7 3 ^a	0.60±0.0 9 ^a	-
	3 J/cm ² -10 cm	23.01±2.1 6 ^a	7.54±2.1 5 ^a	4.51±1.5 8 ^a	8.81±2.5 6 ^a	0.54±0.0 8 ^a	3.16±1.2 0 ^a
	6 J/cm ² -10 cm	23.35±1.7 1 ^a	7.05±1.9 1 ^a	5.14±1.3 9 ^a	8.82±1.8 9 ^a	0.63±0.1 7 ^a	2.45±1.7 6 ^a
	9 J/cm ² -10 cm	23.81±2.2 6 ^a	9.41±2.1 0 ^a	6.17±2.3 3 ^a	11.28±3.03 ^a	0.57±0.0 7 ^a	3.20±2.9 8 ^a
	12 J/cm ² -10 cm	22.86±1.9 2 ^a	8.31±3.1 1 ^a	5.15±1.8 4 ^a	9.79±3.5 7 ^a	0.56±0.0 6 ^a	3.53±1.7 7 ^a
	3 J/cm ² -20 cm	23.30±1.8 3 ^a	8.68±1.8 7 ^a	5.85±1.8 5 ^a	10.55±2.21 ^a	0.59±0.1 4 ^a	2.89±1.5 4 ^a
	6 J/cm ² -20 cm	23.38±1.3 8 ^a	8.83±1.9 0 ^a	5.08±1.4 3 ^a	10.21±2.27 ^a	0.52±0.0 7 ^a	2.45±1.6 4 ^a
	9 J/cm ² -20 cm	22.31±2.1 5 ^a	8.01±2.6 8 ^a	5.08±1.5 2 ^a	9.52±2.9 8 ^a	0.57±0.0 8 ^a	3.22±1.4 9 ^a
	12 J/cm ² -20 cm	23.71±2.4 2 ^a	8.96±3.1 9 ^a	5.45±1.5 0 ^a	10.52±3.40 ^a	0.56±0.1 0 ^a	3.84±2.1 1 ^a
	Kontrol	22.57±1.7 2 ^b	7.81±1.6 7 ^{ab}	5.32±0.9 2 ^a	9.48±1.7 3 ^a	0.60±0.0 9 ^{ab}	-
	3 J/cm ² -10 cm	23.91±1.9 2 ^{ab}	8.49±1.1 7 ^{ab}	6.57±1.3 3 ^a	10.79±1.35 ^a	0.65±0.1 1 ^a	2.72±1.6 2 ^a
	6 J/cm ² -10 cm	23.39±1.1 2 ^{ab}	6.73±2.4 7 ^b	5.18±1.7 3 ^a	8.54±2.8 7 ^a	0.67±0.1 2 ^a	3.08±1.1 9 ^a
	9 J/cm ² -10 cm	23.98±2.0 ab	7.21±2.1 7 ^{ab}	5.72±1.7 3 ^a	9.22±2.7 0 ^a	0.67±0.0 7 ^a	3.18±1.7 6 ^a
UV-C	12 J/cm ² -10 cm	22.37±2.2 3 ^b	7.72±1.2 7 ^{ab}	6.06±0.9 7 ^a	9.87±1.1 8 ^a	0.67±0.1 1 ^a	2.49±1.0 0 ^a
	3 J/cm ² -20 cm	23.65±0.9 8 ^{ab}	7.14±1.2 8 ^{ab}	4.80±1.6 4 ^a	8.64±1.9 1 ^a	0.58±0.1 0 ^{ab}	2.39±0.9 2 ^a
	6 J/cm ² -20 cm	23.81±1.6 9 ^{ab}	9.48±4.2 4 ^a	5.73±2.2 4 ^a	11.11±4.72 ^a	0.55±0.0 9 ^{ab}	3.91±3.6 4 ^a
	9 J/cm ² -20 cm	22.99±1.3 8 ^b	8.53±2.1 7 ^{ab}	4.89±1.3 6 ^a	9.86±2.4 2 ^a	0.52±0.0 9 ^b	2.64±1.2 5 ^a
	12 J/cm ² -20 cm	25.20±1.0 0 ^a	8.28±0.6 8 ^{ab}	6.58±1.4 5 ^a	10.61±1.28 ^a	0.66±0.1 0 ^a	3.15±1.4 3 ^a

Tez çalışması kapsamında elde edilen renk farkı sonuçları, dekontaminasyon uygulamaları ile işlenen kiraz gruplarının renk farkı değişimlerinin ($\Delta E=2.07-3.89$) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığını ifade etmektedir. Genel olarak, işlem görmüş kiraz örneklerinin renk değişimleri klinik olarak göz ile algılanabilir ($\Delta E=3.0-5.0$) seviyede bulunmuştur.

Michailidis et al. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, kiraz meyvesinin c^* , h^0 ve L^* değerlerinde artan UV-C dozu (1.2 ila 6 kJ/m²) ile düşüş meydana geldiği ve sonuç olarak rengin daha koyu olduğu bildirilmiştir. Tez kapsamında elde edilen renk değerleri incelendiğinde, mevcut çalışma koşullarında uygulanan UV ışığının kiraz meyvelerin yüzey renginin koyulaşması için yetersiz olduğunu göstermektedir.

4.4.6. Duyusal analiz

Farklı dekontaminasyon yöntemleri ile işlenen dondurulmuş kiraz örnekleri duyusal olarak değerlendirilmesi amacıyla beğeni testi gerçekleştirilmiştir. Panelistler tarafından dondurulmuş kiraz örneklerinde yapılan duyusal değerlendirme sonuçları Tablo 4.11’de yer almaktadır.

Tablo 4. 11 Duyusal analiz sonuçları.

Uygulama	Örnek	Lezzet	Renk	Tekstür	Genel Kabul Edilebilirlik
Yıkama	Klor	2.83±1.27 ^b	6.08±0.79 ^a	5.67±0.65 ^a	3.17±1.34 ^b
	Çeşme suyu	5.33±0.78 ^a	4.58±0.67 ^b	4.83±0.72 ^b	5.00±0.74 ^a
HIPL	3 J/cm ² -10 cm	6.58±1.00 ^{abc}	6.42±1.24 ^a	7.00±1.21 ^{ab}	7.00±1.85 ^a
	6 J/cm ² -10 cm	6.17±0.72 ^c	6.75±0.87 ^a	6.25±1.48 ^{abc}	6.42±1.08 ^{ab}
	9 J/cm ² -10 cm	6.92±1.16 ^{abc}	7.08±1.51 ^a	6.83±1.70 ^{abc}	7.25±1.22 ^a
	12 J/cm ² -10 cm	6.75±1.06 ^{abc}	6.75±1.29 ^a	5.67±1.07 ^c	6.67±0.78 ^{ab}
	3 J/cm ² -20 cm	6.83±0.83 ^{abc}	6.75±1.29 ^a	6.50±1.24 ^{abc}	6.75±1.06 ^{ab}
	6 J/cm ² -20 cm	7.17±0.94 ^{ab}	7.00±1.35 ^a	6.92±1.31 ^{ab}	7.08±1.31 ^a
	9 J/cm ² -20 cm	7.25±1.14 ^a	6.92±1.31 ^a	7.33±1.07 ^a	7.25±1.22 ^a
	12 J/cm ² -20 cm	6.33±0.89 ^{bc}	6.42±0.79 ^a	6.00±1.13 ^{bc}	6.00±0.74 ^b
	3 J/cm ² -10 cm	6.58±0.79 ^a	6.92±0.90 ^a	7.00±0.95 ^a	6.83±0.83 ^a
	6 J/cm ² -10 cm	6.50±0.80 ^{ab}	6.33±1.30 ^a	6.33±1.30 ^a	6.33±1.07 ^a
UV-C	9 J/cm ² -10 cm	5.58±0.79 ^c	5.00±0.74 ^b	3.58±0.38 ^b	5.08±0.90 ^b
	12 J/cm ² -10 cm	5.75±1.14 ^{bc}	5.83±1.08 ^c	2.17±1.94 ^c	3.25±0.97 ^c
	3 J/cm ² -20 cm	6.58±1.00 ^{abc}	5.92±1.08 ^a	6.25±1.06 ^a	6.58±0.79 ^a
	6 J/cm ² -20 cm	6.33±1.07 ^{abc}	5.92±1.24 ^b	4.17±1.53 ^b	5.33±0.78 ^b
	9 J/cm ² -20 cm	6.67±1.07 ^{ab}	6.33±1.07 ^b	3.50±1.00 ^b	3.75±1.48 ^c
	12 J/cm ² -20 cm	5.00±0.74 ^{bc}	5.75±1.29 ^c	2.08±1.00 ^c	3.17±0.83 ^c

Tablo 4.11’de sunulan veriler, kiraz örneklerinin renk ve tekstürü açısından panelistler tarafından verilen en düşük ortalama puanlar çeşme suyu ile yıkanmış kirazlar için elde edildiğini göstermektedir. Ayrıca, panelistler tarafından UV-C ile işlenmiş kiraz örneklerinin kabuk yüzey renginin HIPL ve yıkama uygulamaları ile işlem görmüş örneklerle kıyasla daha koyu kırmızı olduğu bildirilmiştir. Panelistler tarafından kiraz örneklerinde renk değişim yorumları, işlem görmüş örneklerin L* değerlerindeki değişimle uyumlu bulunmuştur (Tablo 4.10).

Panelistler lezzet açısından örnekleri değerlendirdiklerinde ise en düşük puanları klor ile yıkanmış, HIPL ve UV-C işlemleri sırasında uzun uygulama süresine maruz kalan kiraz örnekleri için vermişlerdir. Aldıkları tadı ise yanmış ve/veya ekşi-acı tat olarak ifade etmişlerdir.

Duyusal skorlardaki bu değişiklikler genel tüketici beğenisini de etkilemiştir ve çoğunlukla kısa işlem süreleri ile UV-C ve HIPL uygulamalarıyla işlenen örnekler panelistler tarafından genel kabul edilebilirliği yüksek bulunmuştur.

5. SONUÇ

Tez çalışması kapsamında; dondurulmuş kiraz örneklerinin dekontaminasyonuna yönelik ticari olarak kullanılan klor ile yıkama uygulamasının, kısa dalga boylu ultraviyole ışık (UV-C) ve yüksek yoğunluklu vurgulu ışık (HIPL) teknolojilerinin etkinliğinin belirlenmesi, ayrıca dekontaminasyon uygulamalarının meyve kalitesi üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, dondurulmuş kiraz örneklerine uygulanacak olan HIPL ve UV-C teknolojileri için söz konusu ışık sistemleri test edilmiş, farklı lamba mesafelerinde 3-6-9-12 J/cm² enerji dozlarına karşılık gelen işlem süreleri yapılan ön denemeler ile hesaplanmıştır. Yıkama uygulamasında kullanılan klor çözeltisinin konsantrasyonu 300 ppm olarak belirlenmiş olup, çözeltinin aktif klor seviyesi ise 200 ppm'dir.

Yapılan denemeler sonucunda HIPL ve UV-C uygulamalarının dondurulmuş kiraz örneklerinde *L. innocua* NRRL-B 33314 üzerine inaktivasyon etkisinin (>2 log) başarılı denilebilecek seviyede olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, *L. innocua* hücrelerinin inaktivasyon verilerinin model parametreleri ve istatistiksel indekslerinin incelenmesi sonucunda en uygun uygulamanın 10 cm lamba mesafesinde HIPL ve UV-C olduğu; *L. innocua* sayısında 1 logaritmik birim azalma sağlayabilmek için uygulanacak minimum enerji dozunun sırasıyla 5.02 J/cm² ve 5.42 J/cm² olduğu saptanmıştır.

Ek olarak, dekontaminasyon uygulamalarının dondurulmuş kiraz meyvesinin doğal mikrobiyal yükünü azaltmada etkisi de incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda her iki ışık uygulamasında dondurulmuş kiraz örneklerinde toplam maya ve küf hücrelerinde >1 log; toplam canlı bakteri hücrelerinde ise >2 log inaktivasyon sağladığı belirlenmiştir.

Işık uygulamalarının dondurulmuş kiraz meyvesinin pH, suda çözünür kuru madde, toplam titre edilebilir asitlik, renk ve tekstür gibi kalite özelliklerinde önemli düzeyde bir değişime yol açmadığı belirlenmiştir. Işık uygulamalarının enerji dozuna bağlı olarak kiraz örneklerinin toplam monomerik antosiyanin ve toplam fenolik madde miktarını arttırdığı tespit edilmiştir.

Genel olarak bu tez çalışması kapsamında HIPL işlemi, kalıntı bileşikler bırakmaması ile klor uygulamasına; aynı proses parametrelerinde daha kısa işlem sürelerine sahip olması ve işlem sırasında örneğin sıcaklık artışının daha az olması nedeniyle UV-C uygulamasına alternatif olarak kullanılabilecek bir uygulama olduğu belirlenmiştir. Çalışmada ek olarak, HIPL uygulamasının hem *L. monocytogenes* inaktivasyonu üzerine etkinliğinin yüksek olması hem de meyvenin taze özelliklerinin korunmasında etkili bir yöntem olduğu elde edilen sonuçlarla desteklenmiştir. Bu nedenle diğer dondurulmuş meyvelerde de bu teknolojinin etkinliğinin belirlenmesi ve uygun proses parametrelerinin ortaya koyulması amacıyla gelecekte yeni çalışmaların yapılması önerilmektedir.

HIPL uygulaması ile dondurulmuş meyvelerin dekontaminasyonuna yönelik literatürde herhangi bir çalışma yer almamaktadır. Bu yönüyle tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar bilimsel literatüre katkı sağlayacaktır. Ayrıca ülkemizde henüz çok yeni olan HIPL teknolojisinin, dondurulmuş meyvelerin dekontaminasyonuna yönelik endüstriyel uygulamalarda kullanım potansiyelinin araştırılması gelecekte yapılması planlanan çalışmalar arasındadır. Bu yönüyle, HIPL teknolojisinin endüstriyel uygulamalarda kullanılabilmesi için bu teknolojinin sürekli akışta tasarlanması ve proses optimizasyonuna yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir. Elde edilen sonuçlar ve gelecekte yapılması planlanan çalışmalar doğrultusunda, HIPL teknolojisi gıda sektöründe dekontaminasyon çalışmalarına yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Aarnisalo, K., Lundén, J., Korkeala, H. and Wirtanen, G.,** 2007, Susceptibility of *Listeria monocytogenes* strains to disinfectants and chlorinated alkaline cleaners at cold temperatures, *LWT-Food Science and Technology*, 40(6), 1041-1048p.
- Abdipour, M., Hosseinifarahi, M. and Naseri, N.,** 2019, Combination method of UV-B and UV-C prevents post-harvest decay and improves the organoleptic quality of peach fruit, *Scientia Horticulturae*, 256, 108-564p.
- Abdipour, M., Malekhossini, P. S., Hosseinifarahi, M. and Radi, M.,** 2020, Integration of UV irradiation and chitosan coating: A powerful treatment for maintaining the postharvest quality of sweet cherry fruit, *Scientia Horticulturae*, 264, 109197.
- Adhikari, A., Syamaladevi, R.M., Killinger, K. and Sablani, S.S.,** 2015, Ultraviolet-C light inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on organic fruit surfaces, *International Journal of Food Microbiology*, 210, 136–142p.
- Agüero, M.V., Jagus, R.J., Martín-Belloso, O. and Soliva-Fortuny, R.,** 2016, Surface decontamination of spinach by intense pulsed light treatments: Impact on quality attributes, *Postharvest Biology and Technology*, 121, 118-125p.
- Aktürk, Z.,** 2009,. Kirazın (*Prunus avium* L.) in vitro mikroçoğaltımı. Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Asaithambi, N., Singh, S. K. and Singha, P.,** 2021, Current status of non-thermal processing of probiotic foods: A review, *Journal of Food Engineering*, 110567.
- Ayhan, B., ve Bilici, S.,** 2015, Toplu beslenme sistemlerinde kullanılan gıda dezenfektanları, *Turkish Bulletin of Hygiene and Experimental Biology/Türk Hijyen ve Deneyisel Biyoloji*, 72(4).
- Bachmann, R.,** 1975, Sterilization by intense ultraviolet radiation, *The Brown Boveri Review*, 62, 206-209p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bağcı U., Toğay Ö.S. ve Temiz A.,** 2008, Çiğ tüketilen sebzelere uygulanan yüzey dekontaminasyon yöntemleri, Türkiye 10. Gıda Kongresi; Mayıs, 21-23, Erzurum-Türkiye.
- Barbosa-Canovas, G.V., Pierson, M.D., Zhang, Q.H. and Schaffner, D.W.,** 2000, Pulsed electric fields, *Journal of Food Science*, 65, 65-79p.
- Basanta, M. F., de Escalada Plá, M. F., Raffo, M. D., Stortz, C. A., and Rojas, A. M.,** 2014, Cherry fibers isolated from harvest residues as valuable dietary fiber and functional food ingredients, *Journal of Food Engineering*, 126, 149–155p.
- Başkaya, Z.,** 2011. Türkiye’de kiraz tarımının coğrafi esasları, *Eastern Geographical Review*, 16(26).
- Baykut, E.D.,** 2016, Ultraviyole ve ozon uygulamalarının baharatların dekontaminasyonu ve kalitesi üzerine etkileri (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Bayram, H. M. ve Öztürkcan, A.,** 2020, Antosiyanin zengini kiraz grubu kırmızı meyvelerin insan sağlığı üzerine etkilerini inceleyen klinik çalışmalar, *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, (11), 230-254s.
- Bermúdez-Aguirre, D. and Barbosa-Cánovas, G. V.,** 2013, Disinfection of selected vegetables under nonthermal treatments: Chlorine, acid citric, ultraviolet light and ozone, *Food Control*, 29(1), 82-90p.
- Bialka, K.L. and Demirci, A.,** 2008, Efficacy of Pulsed UV-Light for the Decontamination of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. on raspberries and strawberries. *J. Food Sci.*, 73, 201–207p.
- Bigelow, W.D., and Esty, J.R.,** 1920, The thermal death point in relation to typical thermophylic organisms, *Journal of Infectious Diseases*, 27, 602p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Butot, S., Cantergiani, F., Moser, M., Jean, J., Lima, A., Michot, L., Putallaz T, Stroheker, T. and Zuber, S.,** 2018, UV-C inactivation of foodborne bacterial and viral pathogens and surrogates on fresh and frozen berries, *International Journal of Food Microbiology*, 275, 8–16p.
- Butz, P. and Tauscher, B.,** 2002, Emerging technologies: chemical aspects, *Food Research International*, 35, 279–284p.
- Cao, X., Huang, R. and Chen, H.,** 2017, Evaluation of pulsed light treatments on inactivation of *Salmonella* on blueberries and its impact on shelf-life and quality attributes, *International Journal of Food Microbiology*, 260, 17–26p.
- Cao, X., Huang, R. and Chen, H.,** 2019, Evaluation of food safety and quality parameters for shelf life extension of pulsed light treated strawberries, *Journal of food science*, 84(6), 1494-1500p.
- CDC,** “Outbreak of *Listeria* Infections Linked to Enoki Mushrooms”, <https://www.cdc.gov/listeria/outbreaks/enoki-mushrooms-03-20/index.html> (Erişim tarihi: 05 Nisan 2020)
- Cemeroğlu, B. S.,** 2018. Gıda Analizleri, Bizim Grup Basımevi, Ankara.
- Chaovanalikit, A., and Wrolstad, R.E.,** 2004, Total anthocyanins and total phenolics of fresh and processed cherries and their antioxidant properties, *Journal of food science*, 69(1), FCT67-FCT72p.
- Chassagne-Berces, S., Fonseca, F., Citeau, M., and Marin, M.,** 2010, Freezing protocol effect on quality properties of fruit tissue according to the fruit, the variety and the stage of maturity, *LWT-Food Science and Technology*, 43(9), 1441-1449p.
- Chen, B.Y., Lung, H.M., Yang, B.B. and Wang, C.Y.,** 2015, Pulsed light sterilization of packaging materials, *Food Packaging and Shelf Life*, 5: 1-9p.
- Chen, Z.,** 2020, Development of a preservation technique for strawberry fruit (*Fragaria*× *Ananassa* duch.) by using aqueous chlorine dioxide, *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9(6), 45-51p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chun, H. H., Kang, J. H. and Song, K. B.,** 2013, Effects of aqueous chlorine dioxide treatment and cold storage on microbial growth and quality of blueberries, *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 56(3), 309-315p.
- Chung, C.C., Huang, T.C., Yu, C.H., Shen, F.Y. and Chen, H.H,** 2011, Bactericidal effects of fresh-cut vegetables and fruits after subsequent washing with chlorine dioxide, *International Proceedings of Chemical, Biological & Environmental Engineering*, 9, 107-112.
- Coşar, İ., ve Canan, İ.,** 2019, Starks Gold kiraz (*Prunus avium* L.) çeşidinin hasat sonrası kalitesi üzerine UV-C, ultrason ve modifiye atmosfer paket uygulamalarının etkisi, *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(1), 63-75.
- Çakmakçı, S., Türkoğlu, H. ve Çağlar, A.,** 1997, Meyve çeşidi ve muhafaza süresinin meyveli yoğurtların bazı kalite kriterleri üzerine etkisi, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(3), 390-404s.
- Çelik, Y. ve Sarıaltın, H.S.,** 2019, Türkiye’de Kiraz Üretiminin Yapısal Analizi, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 6.4: 596-607s.
- De Corato, U.,** 2020, Improving the shelf-life and quality of fresh and minimally-processed fruits and vegetables for a modern food industry: A comprehensive critical review from the traditional technologies into the most promising advancements, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(6), 940-975p.
- Demiray, E., ve Tülek, Y.,** 2010, Donmuş muhafaza sırasında meyve ve sebzelerde oluşan kalite değişimleri, *Akademik Gıda*, 8(2), 36-44s.
- Deng, L. Z., Mujumdar, A. S., Pan, Z., Vidyarthi, S. K., Xu, J., Zielinska, M., and Xiao, H. W.,** 2019, Emerging chemical and physical disinfection technologies of fruits and vegetables: a comprehensive review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-28p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Dreamstime**, “The electromagnetic spektrum”, <https://www.dreamstime.com/stock-images-electromagnetic-spectrum-vector-diagram-different-types-radiation-their-wavelengths-order-increasing-frequency-image33625774> (Erişim tarihi: 05 Nisan 2020)
- Duarte-Molina, F., Gómez, P. L., Castro, M. A. and Alzamora, S.M.**, 2016, Storage quality of strawberry fruit treated by pulsed light: Fungal decay, water loss and mechanical properties, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 34, 267-274p.
- Duffy, G., Walsh, D., Sheridan, J. J., Logue, C. M., Harrington, D., Blair, I. S. and McDowell, D.A.**, 2001, Comparison of selective and non-selective enrichment media in the detection of *Listeria monocytogenes* from meat containing *Listeria innocua*, *Journal of applied microbiology*, 90(6), 994-999p.
- Ebeid, K., Wille, S., Hamdy, A., Salah, T., El-Etreby, A. and Kern, M.**, 2014, Effect of changes in sintering parameters on monolithic translucent zirconia. *Dental materials*, 30(12), e419-e424p.
- European Commision**, 2016. “Expert Group for Technical Advice on Organic Production”, https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/final_report_egtop_on_cleaning_disinfectant_en.pdf (Erişim tarihi: 27.06.2021)
- EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ)**, Koutsoumanis, K., Alvarez-Ordóñez, A., Bolton, D., Bover-Cid, S., Chemaly, M., and Allende, A., 2020. The public health risk posed by *Listeria monocytogenes* in frozen fruit and vegetables including herbs, blanched during processing, *EFSA Journal*, 18(4), e06092.
- Erdem, S.Ö., Beyhan, N., ve Demirsoy, L.**, 2013, Kirazlarda eşeyssel uyumsuzluk, *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 6(2), 89-95.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Eroğlu, D.**, 2016, İzmir ilinde yetiştirilen bazı önemli kiraz çeşitlerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(4), 579-585s.
- Everitt, M.**, 2009, Global Issues in Food Science and Technology, Chapter 8- Consumer-Targeted Sensory Quality, Academic Press, 117-128p.
- Faienza, M. F., Corbo, F., Carocci, A., Catalano, A., Clodoveo, M. L., Grano, M., Wang, D. 1. H., D'Amato, G., Muraglia, M., Franchini, C., Brunetti, G. and Portincasa, P.**, 2020, Novel insights in health-promoting properties of sweet cherries, *Journal of Functional Foods*, 69, 103945.
- Fan, X., Huang, R. and Chen, H.**, 2017, Application of ultraviolet C technology for surface decontamination of fresh produce, *Trends in Food Science & Technology*, 70, 9-19.
- Ferrario, M., Guerrero, S. and Alzamora, S.M.**, 2013, Study of pulsed light-induced damage on *Saccharomyces cerevisiae* in apple juice by flow cytometry and transmission electron microscopy, *Food Bioprocess Technology*, 7, 1001-1011p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations**, “Production quantities of Cherries by country”, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> (Erişim tarihi: 05 Nisan 2020)
- Formgroup**, “UV-C sterilizasyon uygulamaları ile yaşamın her alanında sağlıklı hava çözümlerini sunar”, <https://www.formgroup.com/content/document/UV-C-Sterilizasyon%20.pdf> (Erişim tarihi: 05 Nisan 2020)
- Garcia, S., and N. Heredia**, 2017, Microbiological safety of fruit and vegetables in the field, during harvest, and packaging: A global issue, *Global Food Security and Wellness*, 27–48p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gayán, E., Condón, S. and Álvarez, I.,** 2014, Biological aspects in food preservation by ultraviolet light: a review, *Food and Bioprocess Technology*, 7(1), 1-20.
- Gayán, E., Serrano, M. J., Pagán, R., Álvarez, I. and Condón, S.,** 2015, Environmental and biological factors influencing the UV-C resistance of *Listeria monocytogenes*, *Food Microbiology*, 46, 246–253p.
- Gilbert, R. J., de Louvois, J., Donovan, T., Little, C., Nye, K., Ribeiro, C. D., Richards, J. Roberts, D. and Bolton, F. J.,** 2000, Guidelines for the microbiological quality of some ready-to-eat foods sampled at the point of sale, *Comm Dis Public Health*, 3:163–7p.
- Gómez, P.L., Salvatori, D.M., García-Loredo, A. and Alzamora, S.M,** 2011, Pulsed light treatment of cut apple: dose effect on color, structure, and microbiological stability, *Food and Bioprocess Technology*, 5(6), 2311–2322p.
- Gómez-López, V.M,** 2012, Pulsed Light Technology. In Handbook of Food Safety Engineering, Blackwell Publishing Ltd., Singapore, 643–665p.
- Gomez-Lopez, V.M., Ragaert, P., Debevere, J., and Devlieghere, F.,** 2007, Pulsed light for food decontamination: a review, *Trends in Food Science & Technology*, 18(9), 464-473.
- Graça, A., Salazar, M., Quintas, C. and Nunes, C.,** 2013, Low dose UV-C illumination as an eco-innovative disinfection system on minimally processed apples, *Postharvest Biology and Technology*, 85, 1–7p.
- Graça, A., Santo, D., Quintas, C. and Nunes, C.,** 2017, Growth of *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* and *Listeria* spp., and their inactivation using ultraviolet energy and electrolyzed water, on “Rocha” fresh-cut pears. *Food Control*, 77, 41–49p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Guerrero-Beltrán, J.A., Velti-Chanes, J. and Barbosa-Cánovas, G.V.,** 2009, Ultraviolet-C light processing of grape, cranberry and grapefruit juices to inactivate *Saccharomyces cerevisiae*, *Journal of Food Process Engineering*, 32(6), 916-932p.
- Guner, S.,** 2012, Effects of pulsed ultraviolet light on the antioxidants, phytochemicals, and microflora inactivation of fresh blueberries, Thesis, Florida, USA, University of Florida.
- Gülcan, R., Gülerüz, M., Polat, İ., Ünal, A., Pırlak, L., Eşitken, A., Aslantaş, R., Karaduva, L. ve Demirsoy, H.** 1995, Yumuşak ve sert çekirdekli meyveler tüketim projeksiyonları ve üretim hedefleri, Türkiye Ziraat Mühendisliği 4. Teknik Kongresi, 9-13 Ocak 1995, Ankara, 2, 629-653p.
- Güven, E., ve Yıldız, H.,** 2016, Isıl olmayan yeni gıda muhafaza tekniklerinin sanayi uygulamaları-2, *GIDA/The Journal of Food*, 41(4).
- Hazen, R. A., Bushway, A. A. and Davis-Dentici, K.,** 2001, Evaluation of the microbiological quality of IQF processed Maine wild blueberries: an “in plant study, *Small Fruits Review*, 1(3), 47-59p.
- Hazen, R.A., Bushway, A.A., Davis-Dentici, K. and Calder, B.L.,** 2003, Effects of chlorine spray and freezing on the microbiological quality of Maine wild blueberries, *Small Fruits Review*, 2(1), 87-94p.
- Hekimoğlu, B. ve Altındeğer M.,** 2019, Dondurulmuş gıda sektör potansiyeli, Samsun Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Strateji Geliştirme Birimi, Samsun.
- Huang, R. and Chen, H.,** 2018, Evaluation of inactivating *Salmonella* on iceberg lettuce shreds with washing process in combination with pulsed light, ultrasound and chlorine, *International journal of Food Microbiology*, 285, 144-151p.
- Huang, Y. and Chen, H.,** 2014, A novel water-assisted pulsed light processing for decontamination of blueberries, *Food microbiology*, 40, 1-8p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ignat, A., Manzocco, L., Maifreni, M., Bartolomeoli, I. and Nicoli, M.C.,** 2014, Surface decontamination of fresh-cut apple by pulsed light: Effects on structure, colour and sensory properties, *Postharvest Biology and Technology*, 91, 122–127p.
- Igual, M., García-Martínez, E., Martín-Esparza, M. E. and Martínez-Navarrete, N.,** 2012, Effect of processing on the drying kinetics and functional value of dried apricot, *Food Research International*, 47, 284–290p.
- Jay J.J.,** 1996, Modern food microbiology, New York, Chapman & Hall.
- Joshi, K., Mahendran, R., Alagusundaram, K., Norton, T. and Tiwari, B. K.,** 2013, Novel disinfectants for fresh produce, *Trends in Food Science & Technology*, 34(1), 54-61p.
- Kang, J. H. and Song, K.B.,** 2019, Antibacterial activity of the noni fruit extract against *Listeria monocytogenes* and its applicability as a natural sanitizer for the washing of fresh-cut produce, *Food Microbiology*, 84, 103260p.
- Kaplan, M.,** 2019, Elazığ ili kiraz üretim alanlarında kiraz sineği (*Rhagoletis Cerasi* L.)(Diptera: Tephritidae)'nin yayılışı, doğaya çıkış zamanı, popülasyon gelişimi ve bulaşıklık oranını belirlenmesi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 363-366s.
- Karabacak, A. Ö,** 2015, Gıda bileşenleri üzerine ısıl olmayan işleme yöntemlerinin etkileri, Master's thesis, Uludağ Üniversitesi.
- Kataoka, A., Wang, H., Elliott, P. H., Whiting, R.C. and Hayman, M.M.,** 2017, Growth of *Listeria monocytogenes* in thawed frozen foods, *Journal of food protection*, 80(3), 447-453p.
- Keklik, N.M., Krishnamurthy, K. and Demirci, A.,** 2012, Microbial decontamination of food by ultraviolet (UV) and pulsed UV light, *In Microbial Decontamination in the Food Industry*, 344–69p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kılıç, D., Keleş, T., Çalışkan, O. ve Bayazıt, S.,** 2020, Organik olarak yetiştirilen Kütahya ve Montmorency vişne çeşitlerinin meyve kalite özellikleri, *Bahçe*, 49(1), 25-29s.
- Kılınç, B.,** 2001, Su Ürünlerinde *Listeria monocytogenes*, *Su Ürünleri Dergisi*, 18(3).
- Kim, H.G. and Song, K.B.,** 2017, Combined treatment with chlorine dioxide gas, fumaric acid, and Ultraviolet-C light for inactivating *Escherichia coli* O157: H7 and *Listeria monocytogenes* inoculated on plums, *Food Control*, 71, 371-375p.
- Kim, J.Y., Kim, H. J., Lim, G.O., Jang, S.A. and Song, K.B.,** 2010, The effects of aqueous chlorine dioxide or fumaric acid treatment combined with UV-C on postharvest quality of 'Maehyang' strawberries, *Postharvest Biology and Technology*, 56(3), 254-256p.
- Koca, N., Saatli, T. E. ve Urgan, M.,** 2018, Gıda Sanayisinde Ultraviyole Işığın Yüzey Uygulamaları, *Academic Food Journal/Akademik GIDA*, 16(1), 88-100s.
- Koçak, H., ve Bal, E.,** 2017, Hasat sonrası UV-C ve yenilebilir yüzey kaplama uygulamalarının kiraz meyve kalitesi ile muhafaza süresi üzerine etkileri, *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 79-88s.
- Korkmaz, A. and Gündüz, G.T,** 2018, Meyve ve sebzelerde UV-C ışık uygulamaları ile küf inhibisyonu, *Akademik Gıda*, 16(4), 458-469s.
- Koutchma, T.N., Forney, L.J. and Moraru, C.I.,** 2009, Ultraviolet Light in Food Technology, Boca Raton: CRC Press.
- Kramer, B., Wunderlich, J. and Muranyi, P.,** 2015, Pulsed light decontamination of endive salad and mung bean sprouts and impact on color and respiration activity, *Journal of Food Protection*, 78(2), 340-348p.
- Krishnamurthy, K., Irudayaraj, J., Demirci, A. and Yang, W.,** 2009, UV pasteurisation of food materials, *Food Processing Operations Modelling: Design and Analysis*, Second Edition, 281-302p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hubblesite**, “Spectrum Diagram”,
<https://hubblesite.org/contents/media/images/4513-Image.html> (Erişim tarihi: 25 Haziran 2021)
- Lasagabaster, A. and Martínez de Marañón**, 2014, Survival and growth of *Listeria innocua* treated by pulsed light technology; impact of post-treatment temperature and illumination conditions, *Food Microbiology*, 41, 76-81p.
- Levy, C., Aubert, X., Lacour, B. and Carlin, F.**, 2012, Relevant factors affecting microbial surface decontamination by pulsed light, *International Journal of Food Microbiology*, 152(3), 168–174.
- Liao, Y.T., Syamaladevi, R.M., Zhang, H., Killinger, K. and Sablani, S.**, 2017, Inactivation of *Listeria monocytogenes* on Frozen Red Raspberries by Using UV-C Light, *Journal of Food Protection*, 80(4), 545–550.
- Lorber B.**, 2014. “*Listeria monocytogenes*”,
<http://www.antimicrobe.org/new/b1111.asp> (Erişim tarihi: 26.05.2020)
- Luksiene, Z., Buchovec, I., and Viskelis, P.**, 2013, Impact of high-power pulsed light on microbial contamination, health promoting components and shelf life of strawberries, *Food Technology and Biotechnology*, 51(2), 284p.
- Lunde’n, J., Autio, T., Markkula, A., Hellström, S., and Korkeala, H.**, 2003, Adaptive and cross-adaptive responses of persistent and nonpersistent *Listeria monocytogenes* strains to disinfectants, *International Journal of Food Microbiology*, 82(3), 265–272p.
- Maclean, M., Murdoch, L. E., Lani, M. N., MacGregor, S. J., Anderson, J. G. and Woolsey, G.A.**, 2008, May, Photoinactivation and photoreactivation responses by bacterial pathogens after exposure to pulsed UV-light. In 2008 IEEE International Power Modulators and High-Voltage Conference. IEEE, 326-329p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mahendran, R., Ramanan, K.R., Barba, F.J., Lorenzo, J.M., López-Fernández, O., Munekata, P.E., Roohinejad, S., Santana, A.S. and Tiwari, B.K.**, 2019, Recent advances in the application of pulsed light processing for improving food safety and increasing shelf life, *Trends in food science & technology*, 88, 67-79p.
- Tiwari, B.K.**, 2019, Recent advances in the application of pulsed light processing for improving food safety and increasing shelf life, *Trends in food science & technology*, 88, 67-79p.
- Mahmoud, B.S. M., Vaidya, N.A., Corvalan, C.M. and Linton, R.H.**, 2008, Inactivation kinetics of inoculated *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella Poona* on whole cantaloupe by chlorine dioxide gas, *Food Microbiology*, 25(7), 857-865.
- Mahmoud, B.S., Bhagat, A.R. and Linton, R.H.**, 2007, Inactivation kinetics of inoculated *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* on strawberries by chlorine dioxide gas, *Food Microbiology*, 24(7-8), 736-744.
- Mandal, R., Mohammadi, X., Wiktor, A., Singh, A. and Anubhav, P.S.**, 2020, Applications of pulsed light decontamination technology in food processing: an Overview, *Applied Sciences*, 10(10), 3606p.
- Manzocco, L., Da Pieve, S. and Maifreni, M.**, 2011, Impact of UV-C light on safety and quality of fresh-cut melon, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12(1), 13–17p.
- Manzocco, L., Plazzotta, S., Maifreni, M., Calligaris, S., Anese, M. and Nicoli, M. C.**, 2016, Impact of UV-C light on storage quality of fresh-cut pineapple in two different packages, *LWT-Food Science and Technology*, 65, 1138-1143p.
- Mariette, S., Tavaud, M., Arunyawat, U., Capdeville, G., Millan, M., and Salin, F.**, 2010, Population structure and genetic bottleneck in sweet cherry estimated with SSRs and the gametophytic self-incompatibility locus, *Bmc Genetics*, 11(1), 77p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Martínez-Hernández, G. B., Navarro-Rico, J., Gómez, P. A., Otón, M., Artés, F. and Artés Hernández, F.,** 2015, Combined sustainable sanitising treatments to reduce *Escherichia coli* and *Salmonella Enteritidis* growth on fresh-cut kailan-hybrid broccoli, *Food Control*, 47, 312–317p.
- Marquenie, D., Michiels, C. W., Geeraerd, A. H., Schenk, A., Soontjens, C., Van Impe, J. F. and Nicolai, B. M.,** 2002, Using survival analysis to investigate the effect of UV-C and heat treatment on storage rot of strawberry and sweet cherry. *International journal of food microbiology*, 73(2-3), 187-196p.
- McCune, L. M., Kubota, C., Stendell-Hollis, N. R., and Thomson, C. A.,** 2010, Cherries and health: a review, *Critical Reviews in Food Science And Nutrition*, 51(1), 1-12p.
- McMullin, S., Stadlmayr, B., Roothaert, R., and Jamnadas, R.,** 2019, Fresh fruit and vegetables: Contributions to food and nutrition security, No. RESEARCH, *Elsevier*.
- Meireles, A., Giaouris, E. and Simões, M.,** 2016, Alternative disinfection methods to chlorine for use in the fresh-cut industry, *Food Res. Int.*, 82, 71–85p.
- Michailidis, M., Karagiannis, E., Polychroniadou, C., Tanou, G., Karamanoli, K. and Molassiotis, A.,** 2019, Metabolic features underlying the response of sweet cherry fruit to postharvest UV-C irradiation, *Plant Physiology and Biochemistry*, 144, 49-57p.
- Muzaffar, S., Ahmad, M., Wani, S. M., Gani, A., Baba, W.N., Shah, U., Khan, A.A., Masoodi, F.A, Gani, A. and Wani, T.A.,** 2016, Ultrasound treatment: Effect on physicochemical, microbial and antioxidant properties of cherry (*Prunus avium*), *Journal of food science and technology*, 53(6), 2752-2759p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Nastić, N., Lozano-Sánchez, J., Borrás-Linares, I., Švarc-Gajić, J., and Segura-Carretero, A., 2020, New technological approaches for recovering bioactive food constituents from sweet cherry (*Prunus avium* L.) stems, *Phytochemical Analysis*, 31(1), 119-130p.
- Nemzer, B., Vargas, L., Xia, X., Sintara, M. and Feng, H., 2018, Phytochemical and physical properties of blueberries, tart cherries, strawberries, and cranberries as affected by different drying methods, *Food Chemistry*, 262, 242-250p.
- Nerin, C., Aznar, M., and Carrizo, D., 2016, Food contamination during food process, *Trends in food science and technology*, 48, 63-68p.
- Niyaz, Ö. C., ve Demirbaş, N., 2011, Türkiye yaş meyve üretim ve ihracatının son on yıllık döneminin değerlendirilmesi, *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 17(1 ve 2), 37-45s.
- Official Journal of the European Union**, 2005. “REGULATION (EC) NO 396/2005 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EEC”. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005R0396&from=EN> (Erişim tarihi: 27.06.2021)
- Onoğur, T. ve Elmacı, Y., 2019. Gıdalarda duyuşal değerlendirme, Sidas Yayınları, 4. Baskı.
- Ölmez, H. and Kretschmar, 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), 686-693p.
- Öz, F., 1998, Kiraz ve Vişne, Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı (TAV) Yayınları, Yalova.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Özbek, S.**, 1978, Özel Meyvecilik, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Adana.
- Özçağiran R, Ünal A, Özeker E. ve İsfendiyoğlu, M.**, 2003, Ilıman iklim meyve türleri. Cilt-1. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 159-225s.
- Pala, Ç.U. and Toklucu, A.K.**, 2010, Ultraviyole Işın UV Teknolojisinin Meyve Sularına Uygulanması, *Akademik Gıda*, 8(1), 17-22s.
- Palmieri, L. and Cacace, D.**, 2005, High intensity pulsed light technology. In Emerging technologies for food processing, *Academic Press*, 279-306p.
- Panozzo, A., Manzocco, L., Lippe, G., and Nicoli, M. C.**, 2016, Effect of pulsed light on structure and immunoreactivity of gluten, *Food chemistry*, 194, 366-372p.
- Park, S. H., and Kang, D. H.**, 2017, Influence of surface properties of produce and food contact surfaces on the efficacy of chlorine dioxide gas for the inactivation of foodborne pathogens, *Food Control*, 81, 88-95p.
- Pataro, G., Donsi, G. and Ferrari, G.**, 2015, Post-harvest UV-C and HIPL irradiation of fruits and vegetables, *Chemical Engineering Transactions*, 44, 31-36p.
- Pataro, G., Muñoz, A., Palgan, I., Noci, F., Ferrari, G. And Lyng, J. G.** 2011, Bacterial inactivation in fruit juices using a continuous flow pulsed light (PL) system. *Food Research International*, 44(6), 1642-1648p.
- Paydaş, S., Eti, S., Derin, K. ve Yaşa E.**, 1998, Investigations on the finding of effective pollinators for taurus sweet cherries, *Acta Hort.*, 468:583-589p.
- Planton, G.**, 1992, Fermente des fruits et leguments. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Legumes, 82:27-28p.
- Pukdee, W., Kumar, N., Chaiwut, P. and Sripisut, T.**, 2016, Development of riceberry extract for antioxidant activity, *MFUIC&KTCM*, 139-146p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Pyatkovskyy, T. I., Shynkaryk, M. V., Mohamed, H. M., Yousef, A. E. and Sastry, S. K.,** 2018, Effects of combined high pressure (HPP), pulsed electric field (PEF) and sonication treatments on inactivation of *Listeria innocua*, *Journal of Food Engineering*, 233, 49–56p.
- Ramos-Villarroel, A. Y., Aron-Maftei, N., Martín-Belloso, O. and Soliva-Fortuny, R.,** 2012a, The role of pulsed light spectral distribution in the inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria innocua* on fresh-cut mushrooms, *Food Control*, 24(1-2), 206-213p.
- Ramos-Villarroel, A. Y., Aron-Maftei, N., Martín-Belloso, O. and Soliva-Fortuny, R.,** 2012b, Influence of spectral distribution on bacterial inactivation and quality changes of fresh-cut watermelon treated with intense light pulses, *Postharvest Biology and Technology*, 69, 32-39p.
- Ramos-Villarroel, A. Y., Martín-Belloso, O. and Soliva-Fortuny, R.,** 2015, Combined effects of malic acid dip and pulsed light treatments on the inactivation of *Listeria innocua* and *Escherichia coli* on fresh-cut produce, *Food Control*, 52, 112-118p.
- Ramos-Villarroel, A. Y., Martín-Belloso, O. and Soliva-Fortuny, R.,** 2011, Bacterial inactivation and quality changes in fresh-cut avocado treated with intense light pulses, *European Food Research and Technology*, 233(3), 395-402p.
- Rico, D., Martin-Diana, A. B., Barat, J. M., and Barry-Ryan, C.,** 2007, Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review, *Trends in Food Science and Technology*, 18(7), 373-386p.
- Rowan, N. J.,** 2019, Pulsed light as an emerging technology to cause disruption for food and adjacent industries—Quo vadis?, *Trends in Food Science and Technology*, 88, 316-332p.
- Rowan, N.J., MacGregor, S.J., Anderson, J.G., Fouracre, R.A., McIlvaney, L. and Farish, O.,** 1999, Pulsed-light inactivation of food-related microorganisms, *Applied and Environmental Microbiology*, 65(3), 1312-1315p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Rupasinghe H.P.V., Yu, L.J., Bhullar, K.S. and Bors, B.,** 2012, Haskap (*Lonicera caerulea*): A new berry crop with high antioxidant capacity, *Canadian Journal of Plant Science*, 92, 1311–7p.
- Sağlam, D. ve Şeker, E.,** 2016, Gıda kaynaklı bakteriyel patojenler, *Kocatepe Veterinary Journal*, 9(2): 105-113s.
- Salinas-Roca, B., Soliva-Fortuny, R., Welti-Chanes, J. and Martín-Belloso, O.,** 2016, Combined effect of pulsed light, edible coating and malic acid dipping to improve fresh-cut mango safety and quality, *Food Control*, 66, 190-197p.
- Santo, D., Graça, A., Nunes, C. and Quintas, C.,** 2016, Survival and growth of *Cronobacter sakazakii* on fresh-cut fruit and the effect of UV-C illumination and electrolyzed water in the reduction of its population, *International Journal of Food Microbiology*, 231, 10–15p.
- Santo, D., Graça, A., Nunes, C. and Quintas, C.,** 2018, *Escherichia coli* and *Cronobacter sakazakii* in “Tommy Atkins” minimally processed mangos: Survival, growth and effect of UV-C and electrolyzed water, *Food Microbiology*, 70, 49–54p.
- Sapers, G. M.,** 2001, Efficacy of washing and sanitizing methods for disinfection of fresh fruit and vegetable products, *Food Technology and Biotechnology*, 39(4).
- Shriver, S.K,** 2011, Effect of selected nonthermal processing methods on the allergen reactivity of Atlantic white shrimp (*Litopenaeus setiferus*), Thesis (M.S.), University of Florida, 119p.
- Sorrentino, E., Tremonte, P., Succi, M., Iorizzo, M., Pannella, G., Lombardi, S. J., Sturcio, M. and Coppola, R.,** 2018, Detection of antilisterial activity of 3-phenyllactic acid using *Listeria innocua* as a model. *Frontiers in microbiology*, 9, 1373.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Stoops, J., Jansen, M., Claes, J. and Van Campenhout, L.,** 2013, Decontamination of powdery and granular foods using continuous wave UV radiation in a dynamic process, *Journal of Food Engineering*, 119(2), 254–259p.
- Sürel, C.,** 2012, Bazı sebzelerde dondurma ve donmuş muhafaza sürecinde askorbik asit, beta karoten ve tekstürel değişimlerin incelenmesi, MS thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 78s.
- Sütyemez, M. ve Eti, S.,** 1999, Pozantı ekolojik koşullarında yetiştirilen bazı kiraz çeşitlerinin dölleme biyolojileri üzerine araştırmalar, *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23: 265-272s.
- Tadepalli, S., Bridges, D.F., Anderson, R., Zhang, R. and Wu, V. C,** 2019, Synergistic effect of sequential wash treatment with two different low-dosage antimicrobial washes in combination with frozen storage increases *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes* reduction on wild blueberries, *Food Control*, 102, 87-93p.
- Takeshita, K., Shibato, J., Sameshima, T., Fukunaga, S., Isobe, S., Arihara, K. And Itoh, M.,** 2003, Damage of yeast cells induced by pulsed light irradiation, *International journal of food microbiology*, 85(1-2), 151-158p.
- Tango, C.N., Khan, I., Kounkeu, P.F.N., Momna, R., Hussain, M.S. and Oh, D. H.,** 2017, Slightly acidic electrolyzed water combined with chemical and physical treatments to decontaminate bacteria on fresh fruits, *Food Microbiology*, 67, 97-105p.
- Tarım ve Orman Bakanlığı,** “Bitkisel Üretim Verileri”, <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BUGEM.pdf> (Erişim tarihi: 05 Nisan 2020)
- Todd, E.C.D.,** 2007, *Listeria*: Risk assessment, regulatory control, and economic impact, *Listeria*, listeriosis and food safety.
- Topaloğlu, A., ve Gülten, Ş.,** 2002, Türkiye’de dondurulmuş gıda sektörü ve gelişimi, Türkiye V. Tarım Ekonomisi Kongresi, 18-20s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Trujillo, F. J. and Geveke, D. J.,** 2014, Nonthermal processing by radio frequency electric fields, *In Emerging Technologies for Food Processing*, 259-269p.
- Turan, O.Y.,** 2015, Ultraviyole-C ışık uygulaması kullanılarak soğukta saklanan gıdaların kalitelerinin artırılması (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Türk Gıda Kodeksi,** 2009. “Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği, Tebliğ No: 2009/6”, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/02/20090206-8.htm> (Erişim Tarihi: 01.10.2021)
- Tylewicz, U., Tappi, S., Mannozi, C., Romani, S., Dellarosa, N., Laghi, L., Ragni, L., Rocculi, P. and Dalla Rosa, M.,** 2017, Effect of pulsed electric field (PEF) pre-treatment coupled with osmotic dehydration on physico-chemical characteristics of organic strawberries, *Journal of Food Engineering*, 213, 2-9p.
- United States Food and Drug Administration-FDA,** 1996. “Irradiation in the production, processing and handling of food (Pulsed light for the treatment of food). Code of Federal Regulations, 21 Part, 179.41”, <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=179.41> (Erişim tarihi:01.11.2019)
- United States Food and Drug Administration-FDA,** 2000. “Ultraviolet radiation for the processing and treatment of food. Code of Federal Regulations, 21 Part, 179.39”, <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=179.39> (Erişim tarihi:01.11.2019)
- United States Food and Drug Administration-FDA,** 2016. “Frozen vegetable products (*Listeria monocytogenes*)”, <https://www.fda.gov/safety/major-product-recalls/2016-frozen-vegetable-products-listeria-monocytogenes> (Erişim tarihi: 01.11.2019)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- United States Food and Drug Administration-FDA**, 2020a. “Pulsed light for the treatment of food. Code of Federal Regulation, 21 Part, 179.41”, <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=179.41> (Erişim tarihi:01.11.2019)
- United States Food and Drug Administration-FDA**, 2020b. “Ultraviolet radiation for the processing and treatment of food. Code of Federal Regulations, 21 Part, 179.39”, <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=179.39> (Erişim tarihi:01.11.2019)
- United States Food and Drug Administration-FDA**, 2020c. “Get the Facts about Listeria”. <https://www.fda.gov/animal-veterinary/animal-health-literacy/get-facts-about-listeria#top> (Erişim tarihi:01.05.2020)
- USDA**, 2021. “FoodData Central Search Results”, <https://fdc.nal.usda.gov/> (Erişim tarihi:23.06.2021)
- Üstünel, M.A., Eştürk, O. ve Ayhan, Z.**, 2008, Modifiye atmosferde paketlenen kirazın fiziksel özelliklerine (renk ve tekstür) etkisi, *Türkiye*, 10, 21-23s.
- Vasylyshyna, E.**, 2016, Influence of freezing and storing cherry fruit on its nutritional value, *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 15(2), 145-150p.
- Velickova, E., Tylewicz, U., Dalla Rosa, M., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S. and Romani, S.**, 2018, Effect of pulsed electric field coupled with vacuum infusion on quality parameters of frozen/thawed strawberries, *Journal of Food Engineering*, 233, 57–64p.
- Wadamori, Y., Gooneratne, R. and Hussain, M.A.**, 2017, Outbreaks and factors influencing microbiological contamination of fresh produce, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(5), 1396-1403p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Wang, C.Y., Chen, C.T. and Wang, S.Y.,** 2009, Changes of flavonoid content and antioxidant capacity in blueberries after illumination with UV-C, *Food Chemistry*, 117(3), 426-431p.
- Wani, A.A., Singh, P., Gul, K., Wani, M. H., and Langowski, H.C.,** 2014, Sweet cherry (*Prunus avium*): Critical factors affecting the composition and shelf life, *Food Packaging and Shelf life*, 1(1), 86-99.
- Xu, W. and Wu, C.,** 2016, The impact of pulsed light on decontamination, quality, and bacterial attachment of fresh raspberries, *Food Microbiology*, 57, 135-143p.
- Xu, W., Chen, H., and Wu, C.,** 2016, *Salmonella* and *Escherichia coli* O157: H7 inactivation, color, and bioactive compounds enhancement on raspberries during frozen storage after decontamination using new formula sanitizer washing or pulsed light, *Journal of food protection*, 79(7), 1107-1114p.
- Yaun, B.R., Sumner, S.S., Eifert, J.D. and Marcy, J.E.,** 2004, Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. *International journal of food microbiology*, 90(1), 1-8p.
- Yavuz, M., ve Korukluoğlu, M.,** 2010, *Listeria monocytogenes*'in gıdalardaki önemi ve insan sağlığı üzerine etkileri, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(1), 1-10s.
- Yıldız, H.,** 2012, Vurgulu ışık: Gıda mühendisliğinde ısı olmayan teknolojiler, Nobel, Ankara, 249-260s.
- Yu, H., Neal, J.A. and Sirsat, S.A.,** 2018, Consumers' food safety risk perceptions and willingness to pay for fresh-cut produce with lower risk of foodborne illness, *Food Control*, 86, 83–89p.
- Zhang, Q., Yang, W., Liu, J., Liu, H., Lv, Z., Zhang, C., Chen, D. and Jiao, Z.,** 2021, Postharvest UV-C irradiation increased the flavonoids and anthocyanins accumulation, phenylpropanoid pathway gene expression, and antioxidant activity in sweet cherries (*Prunus avium* L.), *Postharvest Biology and Technology*, 175, 111490.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Zhang, S. and Farber, J.M.**, 1996, The effects of various disinfectants against *Listeria monocytogenes* on fresh-cut vegetables, *Food microbiology*, 13(4), 311-321p.
- Zhao, H., Wang, B., Cui, K., Cao, J. and Jiang, W.**, 2019, Improving postharvest quality and antioxidant capacity of sweet cherry fruit by storage at near-freezing temperature, *Scientia Horticulturae*, 246, 68–78p.
- Zwinkels, J.**, 2015, Light, electromagnetic spectrum, *Encyclopedia of Color Science and Technology*, 1-8p.



TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerinden çok şey öğrendiğim, beni daha çok merak etmeye ve daha çok araştırmaya teşvik eden, bizlere karşı hiçbir zaman sabrını eksik etmeyen ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Taner BAYSAL'a,

Gerçekleştirdiğim akademik çalışmalarında ve tez konumun belirlenmesinde çok büyük katkısı olan, yüksek lisans eğitimimin her anında benimle değerli görüş ve deneyimlerini paylaşarak bana yol gösteren, çalışma ahlakı ve disipliniyle bana örnek olan sayın Dr. Öğr. Üyesi Özge TAŞTAN'a,

Laboratuvar çalışmalarım boyunca, ihtiyacım olduğunda benden yardımlarını esirgemeyen, zor anları bir o kadar keyifli kılan canım ekip arkadaşlarıma,

Eğitim hayatım süresince maddi ve manevi olarak bana her zaman destek olan ve benim için her türlü özveriye gösteren, bana olan inançlarını kalbimde hissettiğim, annem Nuray KUTLU, babam Fuat KUTLU ve ablam Berfu S. KUTLU olmak üzere tüm aileme içtenlikle teşekkürlerimi iletirim.

5200023 no'lu proje kapsamında sağlanan maddi kaynaklardan dolayı TÜBİTAK'a, hammadde ve klor çözültisini sağlayarak tez çalışmama destek veren kuruluş olan Işık Tarım Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye teşekkür ederim.

Ve son olarak, hayatı boyunca çağdaş ve laik bir Türk kadını olmayı hedef edinmiş, ilkeli bir insan olma yolunda ilerleyen ve yüzünü bilime çevirmiş bir birey olarak, verdiğim her kararda en büyük gücü aldığım, biz kadınlara verdiği önem ve haklar ile dünyada yer etmemizi sağlayan ulu önder Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK'e teşekkürlerimi, saygılarımı ve minnetlerimi bir borç bilirim.

07/10/2021

Bengünur KUTLU

ÖZGEÇMİŞ

Bengünur Kutlu, ilköğrenimini M. Ş. Zafer İlköğretim Okulu'nda, lise eğitimini Ataşehir Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. 2018 yılında Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden mezun olmuştur. Aynı yıl Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Meyve ve Sebze İşleme ve Mühendisliği Bilim Dalı'nda yüksek lisans programına başlamıştır. Lisans döneminde KFC GIDA A.Ş. (SAFE FOOD)'de zorunlu stajını tamamlamıştır. Yine aynı dönemde gönüllü olarak Sofra Grup'ta staj yapmıştır. Bugüne kadar ulusal ve uluslararası kongrelerde poster sunumları yapmıştır. 1 adet bilimsel yayını bulunmaktadır. TÜBİTAK 1505 projesinde bursiyer olarak görev almıştır. Isıl olmayan gıda işleme teknolojileri, gıdaların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesinin incelenmesi, yeni teknolojilerle gıdalarda bozulmaya neden olan ve patojen mikroorganizmaların inaktivasyonu üzerine çalışmalar yapmaktadır.

EKLER

EK 1. *L. innocua* gelişim eğrisi.

EK 2. Gallik asit standart grafiği (0-150 ppm)

EK 3. Duyusal analiz formu için skala ve puan tanımları (Onoğur ve Elmacı, 2019).

EK 4. Tüketicilere sunulan duyusal analiz formu (Everitt, 2009).

EK-5: HIPL-10 cm uygulaması ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası canlı kalan *L. innocua* hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-6: HIPL-20 cm uygulaması ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası canlı kalan *L. innocua* hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-7: HIPL-10 ve 20 cm uygulaması ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası canlı kalan TMK ve TCB hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-8: UV-C-10 cm uygulaması ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası canlı kalan *L. innocua* hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-9: UV-C-20 cm uygulaması ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası canlı kalan *L. innocua* hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-10: UV-C 10 ve 20 cm uygulaması ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası canlı kalan TMK ve TCB hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-11: Yıkama uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası canlı kalan *L. innocua*, TMK ve TCB hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-12: HIPL-10 cm uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası inaktive olan *L. innocua*, TMK ve TCB hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-13: HIPL-20 cm uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası inaktive olan *L. innocua*, TMK ve TCB hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-14: UV-C-10 cm uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası inaktive olan *L. innocua*, TMK ve TCB hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-15: UV-C-20 cm uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası inaktive olan *L. innocua*, TMK ve TCB hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-16: Yıkama uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası pH, suda çözünür kuru madde ve titrasyon asitliği sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-17: HIPL ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası pH, suda çözünür kuru madde ve titrasyon asitliği sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-18: UV-C ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası pH, suda çözünür kuru madde ve titrasyon asitliği sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-19: Yıkama uygulamalarının ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası tekstür analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-20: HIPL ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası tekstür analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-21: UV-C uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası tekstür analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-22: Yıkama uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası renk analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-23: HIPL uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası renk analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-24: UV-C uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası renk analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-25: Yıkama uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası toplam monomerik antosiyanin analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-26: HIPL uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası toplam monomerik antosiyanin analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-27: UV-C uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası toplam monomerik antosiyanin analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-28: Yıkama uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası toplam fenolik madde analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-29: HIPL uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası toplam fenolik madde analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

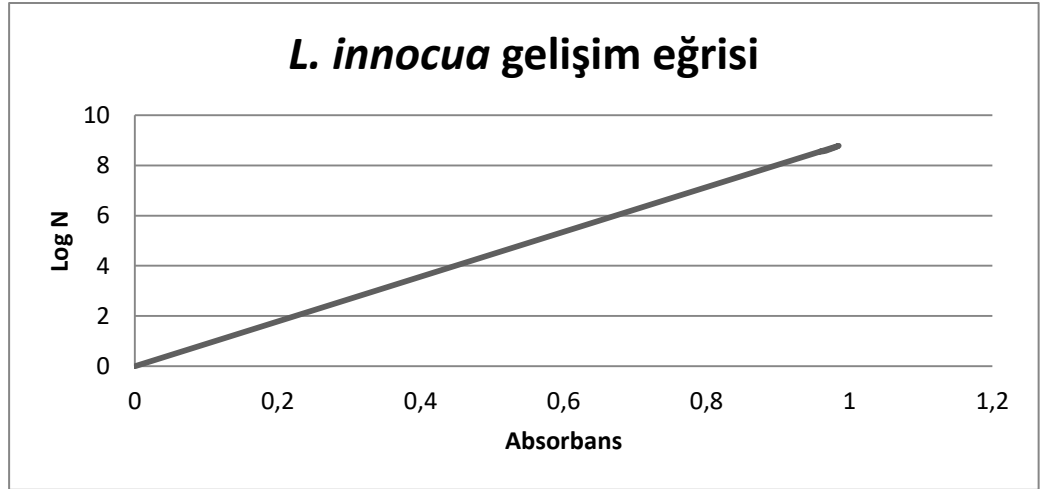
EK-30: UV-C uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası toplam fenolik madde analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-31: UV-C ve HIPL uygulamaları ile işlem görmüş dondurulmuş kiraz örneklerinde elde edilen mikrobiyal inaktivasyon verilerinin sabit enerji dozu ve farklı lamba mesafelerinde istatistiksel olarak analiz edilmesi

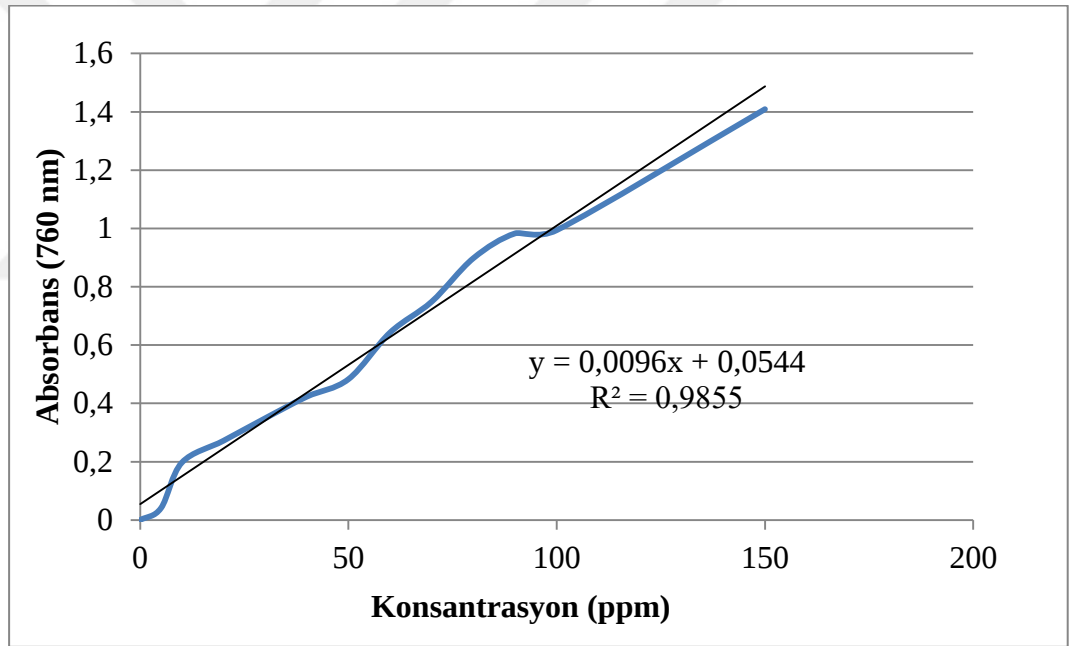


EKLER

EK 1. *L. innocua* gelişim eğrisi.



EK 2. Gallik asit standart grafiği (0-150 ppm)



EK-5: HIPL-10 cm uygulaması ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası canlı kalan *L. innocua* hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Test of Homogeneity of Variances

L. innocua

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3,733	4	10	,041

L. innocua

Duncan^a

HIPL	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
HIPL-12-10	3	4,7000				
HIPL-9-10	3		5,0400			
HIPL-6-10	3			6,2667		
HIPL-3-10	3				6,5633	
Kontrol	3					6,9233
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

EK-6: HIPL-20 cm uygulaması ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası canlı kalan *L. innocua* hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Test of Homogeneity of Variances

L. innocua

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,821	4	10	,541

L. innocua

Duncan^a

HIPL	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
,HIPL-9-20	3	4,0200				
HIPL-12-20	3		4,1900			
HIPL-6-20	3			4,5800		
HIPL-3-20	3				6,7300	
Kontrol	3					6,9233
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

EK-7: HIPL-10 ve 20 cm uygulaması ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası anlı kalan TMK ve TCB hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Toplam maya ve küf	1,307	8	18	,301
Toplam canlı bakteri	3,570	8	18	,012

Toplam maya ve küf

Duncan^a

HIPL	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
HIPL-12-10	3	2,9600				
HIPL-9-10	3	3,1300	3,1300			
HIPL-6-10	3	3,1600	3,1600			
HIPL-12-20	3	3,2200	3,2200			
HIPL-9-20	3		3,2600			
HIPL-3-10	3		3,3300	3,3300		
HIPL-6-20	3			3,5600	3,5600	
HIPL-3-20	3				3,7000	
Kontrol	3					4,0800
Sig.		,068	,162	,080	,273	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Toplam canlı bakteri

Duncan^a

HIPL	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
HIPL-12-10	3	,0000				
HIPL-12-20	3	,0000				
HIPL-9-20	3		1,0000			
HIPL-9-10	3		1,2700			
HIPL-6-20	3			1,9367		
HIPL-6-10	3			2,0767	2,0767	
HIPL-3-10	3			2,2300	2,2300	
HIPL-3-20	3				2,4200	
Kontrol	3					2,8267
Sig.		1,000	,134	,123	,074	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

EK-8: UV-C-10 cm uygulaması ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası canlı kalan *L. innocua* hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Test of Homogeneity of Variances

L. innocua

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,272	4	10	,133

L. innocua

Duncan^a

UV-C Treatments	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
UV-C-12-10	3	4,8533			
UV-C-9-10	3		6,0200		
UV-C-6-10	3		6,1800		
UV-C-3-10	3			6,6433	
Kontrol	3				7,2833
Sig.		1,000	,186	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

EK-9: UV-C-20 cm uygulaması ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası canlı kalan *L. innocua* hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Test of Homogeneity of Variances

L. innocua

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,087	4	10	,414

L. innocua

Duncan^a

UV-C Treatments	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
UV-C-9-20	3	4,0233			
UV-C-6-20	3		4,8100		
UV-C-12-20	3		4,8400		
UV-C-3-20	3			5,3933	
Kontrol	3				6,7400
Sig.		1,000	,634	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

EK-10: UV-C 10 ve 20 cm uygulaması ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası canlı kalan TMK ve TCB hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Toplam maya ve küf	,853	8	18	,571
Toplam canlı bakteri	3,115	8	18	,022

Toplam maya ve küf

Duncan^a

UV-C Treatments	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
UV-C-12-10	3	3,1167				
UV-C-9-10	3	3,2367	3,2367			
UV-C-6-10	3	3,2800	3,2800			
UV-C-3-10	3	3,3500	3,3500			
UV-C-12-20	3		3,5267	3,5267		
UV-C-9-20	3			3,6667	3,6667	
UV-C-6-20	3				3,8800	
UV-C-3-20	3				3,9000	
Kontrol	3					4,5233
Sig.		,132	,064	,317	,121	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Toplam canlı bakteri

Duncan^a

UV-C Treatments	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
UV-C-12-10	3	,0000					
UV-C-12-20	3	,0000					
UV-C-9-10	3		,7000				
UV-C-6-10	3			1,2000			
UV-C-9-20	3				1,6500		
UV-C-3-10	3				1,7000	1,7000	
UV-C-6-20	3				1,9100	1,9100	
UV-C-3-20	3					1,9600	
Kontrol	3						2,6300
Sig.		1,000	1,000	1,000	,071	,071	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

EK-11: Yıkama uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası canlı kalan *L. innocua*, TMK ve TCB hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
<i>L. innocua</i>	3,305	2	6	,108
Toplam maya ve küf	3,095	2	6	,119
Toplam canlı bakteri	4,000	2	6	,079

L. innocua

Duncan^a

Treatments	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Klor ile yıkama	3	3,6900		
Su ile yıkama	3		4,5700	
Kontrol	3			6,5500
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Toplam maya ve küf

Duncan^a

Treatments	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Klor ile yıkama	3	2,1800	
Su ile yıkama	3	2,7400	
Kontrol	3		4,0147
Sig.		,058	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000

Toplam canlı bakteri

Duncan^a

Treatments	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Klor ile yıkama	3	1,0000		
Su ile yıkama	3		2,0400	
Kontrol	3			2,5300
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

EK-12: HIPL-10 cm uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası inaktif *olan L. innocua*, TMK ve TCB hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
<i>L. innocua</i>	4,797	3	8	,034
Maya ve Küf	,870	3	8	,496
Toplam aerobik bakteri	2,680	3	8	,118

L. innocua

Duncan^a

Uygulamalar	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
HIPL-3-10	3	,3567			
HIPL-6-10	3		,6533		
HIPL-9-10	3			1,8800	
HIPL-12-10	3				2,2200
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Toplam Maya ve Küf

Duncan^a

Uygulamalar	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
HIPL-3-10	3	,7500	
HIPL-6-10	3	,9200	,9200
HIPL-9-10	3	,9500	,9500
HIPL-12-10	3		1,1200
Sig.		,235	,235

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Toplam canlı bakteri

Duncan^a

Uygulamalar	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
HIPL-3-10	3	,6000		
HIPL-6-10	3	,7567		
HIPL-9-10	3		1,5600	
HIPL-12-10	3			2,8300
Sig.		,217	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

EK-13: HIPL-20 cm uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası inaktif olan *L. innocua*, TMK ve TCB hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
<i>L. innocua</i>	1,778	3	8	,229
Maya ve Küf	2,555	3	8	,128
Toplam canlı bakteri	4,089	3	8	,049

L. innocua

Duncan^a

Uygulamalar	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
HIPL-3-20	3	,1900				
HIPL-3-10	3		,3567			
HIPL-6-20	3			2,3400		
HIPL-12-20	3				2,7300	
HIPL-9-20	3					2,9000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Maya ve Küf

Duncan^a

Uygulamalar	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
HIPL-3-20	3	,3800		
HIPL-6-20	3	,5200	,5200	
HIPL-3-10	3		,7500	,7500
HIPL-9-20	3			,8200
HIPL-12-20	3			,8600
Sig.		,219	,056	,348

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Toplam canlı bakteri

Duncan^a

Uygulamalar	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
HIPL-3-20	3	,4100			
HIPL-6-20	3		,8967		
HIPL-9-20	3			1,8300	
HIPL-12-20	3				2,8300
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

EK-14: UV-C-10 cm uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası inaktif olan *L. innocua*, TMK ve TCB hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
<i>L. innocua</i>	2,664	3	8	,119
Toplam canlı bakteri	4,000	3	8	,052
Maya ve Küf	1,187	3	8	,374

L. innocua

Duncan^a

Uygulamalar	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
UV-C-3-10	3	,6367		
UV-C-6-10	3		1,1000	
UV-C-9-10	3		1,2600	
UV-C-12-10	3			2,4267
Sig.		1,000	,155	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Toplam canlı bakteri

Duncan^a

Uygulamalar	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
UV-C-3-10	3	,9300			
UV-C-6-10	3		1,4300		
UV-C-9-10	3			1,9300	
UV-C-12-10	3				2,6300
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Toplam Maya ve Küf

Duncan^a

Uygulamalar	N	Subset for alpha = 0.05
		1
UV-C-3-10	3	1,1700
UV-C-6-10	3	1,2400
UV-C-9-10	3	1,2850
UV-C-12-10	3	1,4050
Sig.		,104

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.



EK-15: UV-C-20 cm uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası inaktive olan *L. innocua*, TMK ve TCB hücreleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
<i>L. innocua</i>	,977	3	8	,450
Toplam canlı bakteri	2,829	3	8	,107
Maya ve Küf	,947	3	8	,462

L. innocua

Duncan^a

Uygulamalar	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
UV-C-3-20	3	1,3467		
UV-C-12-20	3		1,9000	
UV-C-6-20	3		1,9300	
UV-C-9-20	3			2,7167
Sig.		1,000	,663	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Toplam canlı bakteri

Duncan^a

Uygulamalar	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
UV-C-3-20	3	,6700	
UV-C-6-20	3	,7200	
UV-C-9-20	3	,9800	
UV-C-12-20	3		2,6300
Sig.		,129	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Toplam Maya ve Küf

Duncan^a

Uygulamalar	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
UV-C-3-20	3	,6200	
UV-C-6-20	3	,6400	
UV-C-9-20	3	,8550	,8550
UV-C-12-20	3		,9950
Sig.		,145	,345

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.



EK-16: Yıkama uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası pH, suda çözünür kuru madde ve titrasyon asitliği sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
pH	2,400	2	6	,171
SÇKM	16,000	2	6	,004
Titrasyon asitliği	16,000	2	6	,004

pH

Duncan^a

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
klor ile yıkama	3	4,7133		
kontrol	3		4,8467	
su ile yıkama	3			4,9067
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

SÇKM

Duncan^a

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	
su ile yıkama	3	20,9000	
kontrol	3	21,8000	
klor ile yıkama	3	22,0000	
Sig.		,198	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Titrasyon Asitliği

Duncan^a

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05
		1
kontrol	3	,4700
su ile yıkama	3	,4700
klor ile yıkama	3	,4767
Sig.		,056

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.



EK-17: HIPL ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası pH, suda çözünür kuru madde ve titrasyon asitliği sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
pH	7,930	8	18	,000
SÇKM	9,467	8	18	,000
Titrasyon asitliği	2,653	8	18	,041

pH

Duncan^a

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
HIPL-20-6	3	4,7500			
HIPL-20-3	3	4,7767	4,7767		
HIPL-20-12	3	4,7800	4,7800		
HIPL-10-6	3		4,8100	4,8100	
HIPL-10-3	3		4,8133	4,8133	4,8133
HIPL-10-12	3		4,8167	4,8167	4,8167
HIPL-10-9	3		4,8200	4,8200	4,8200
kontrol	3			4,8467	4,8467
HIPL-20-9	3				4,8567
Sig.		,147	,054	,094	,051

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

SÇKM

Duncan^a

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
HIPL-20-6	3	20,5333	
HIPL-10-9	3	21,2667	21,2667
HIPL-20-12	3	21,6333	21,6333
kontrol	3	21,8000	21,8000
HIPL-10-3	3	22,0000	22,0000
HIPL-10-6	3	22,0000	22,0000
HIPL-20-3	3	22,0000	22,0000
HIPL-20-9	3	22,0000	22,0000
HIPL-10-12	3		22,3667
Sig.		,054	,139

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Titrasyon asitliği

Duncan^a

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
kontrol	3	,4700				
HIPL-20-6	3	,4800	,4800			
HIPL-20-9	3	,4833	,4833	,4833		
HIPL-20-12	3		,4900	,4900	,4900	
HIPL-10-9	3			,4967	,4967	,4967
HIPL-10-3	3				,5000	,5000
HIPL-10-6	3				,5000	,5000
HIPL-10-12	3					,5067
HIPL-20-3	3					,5067
Sig.		,081	,183	,081	,196	,204

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

EK-18: UV-C ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası pH, suda çözünür kuru madde ve titrasyon asitliği sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
pH	2,175	8	18	,082
SÇKM	4,274	8	18	,005
Titrasyon asitliği	3,350	8	18	,016

pH

Duncan^a

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
UV-C-20-9	3	4,7700			
UV-C-20-3	3	4,7767			
UV-C-20-6	3		4,8267		
kontrol	3		4,8467		
UV-C-10-9	3		4,8567	4,8567	
UV-C-10-6	3		4,8600	4,8600	
UV-C-20-12	3		4,8600	4,8600	
UV-C-10-3	3			4,8867	4,8867
UV-C-10-12	3				4,9167
Sig.		,670	,065	,089	,067

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

SÇKM

Duncan^a

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
UV-C-10-12	3	20,1667	
UV-C-20-9	3	20,1667	
UV-C-10-9	3	21,2667	21,2667
UV-C-20-12	3	21,2667	21,2667
UV-C-20-6	3		21,6333
kontrol	3		21,8000
UV-C-20-3	3		22,0000
UV-C-10-3	3		22,7333
UV-C-10-6	3		22,7333
Sig.		,122	,052

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Titrasyon asitliği

Duncan^a

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
kontrol	3	,4700		
UV-C-10-3	3		,4800	
UV-C-20-6	3		,4800	
UV-C-20-3	3		,4833	
UV-C-20-9	3		,4867	
UV-C-20-12	3		,4900	,4900
UV-C-10-6	3			,5000
UV-C-10-9	3			,5000
UV-C-10-12	3			,5000
Sig.		1,000	,056	,052

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

EK-19: Yıkama uygulamalarının ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası tekstür analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Test of Homogeneity of Variances

tekstür

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,955	2	13	,410

tekstür

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05
		1
su	5	6,8348
kontrol	5	7,4323
klor	6	7,9317
Sig.		,504

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5,294.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used.

Type I error levels are not guaranteed.

EK-20: HIPL ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası tekstür analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Test of Homogeneity of Variances

tekstür

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,065	8	33	,411

tekstür

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05
		1
HIPL-20-3	5	7,0258
HIPL-20-6	5	7,2430
HIPL-20-9	4	7,2963
HIPL-20-12	5	7,3794
kontrol	5	7,4323
HIPL-10-3	4	8,2394
HIPL-10-6	4	8,3225
HIPL-10-9	5	8,4297
HIPL-10-12	5	8,8998
Sig.		,293

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,615.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

EK-21: UV-C uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası tekstür analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Test of Homogeneity of Variances

tekstür

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,447	8	31	,217

tekstür

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05
		1
UV-C-20-3	5	7,2334
UV-C-20-9	4	7,3988
kontrol	5	7,4323
UV-C-20-6	5	7,4768
UV-C-20-12	4	7,8607
UV-C-10-9	4	8,3475
UV-C-10-12	4	8,3622
UV-C-10-3	4	8,7317
UV-C-10-6	5	8,7514
Sig.		,244

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,390.

c. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

EK-22: Yıkama uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası renk analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
L*	1,008	2	14	,390
a*	1,212	2	14	,327
b*	1,755	2	14	,209
chroma	,243	1	8	,635
hue açıcı	1,255	2	14	,315
renk farkı (delta E)	1,704	1	8	,228

L*

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05
		1
kontrol	7	22,5671
su ile yıkama	5	23,4080
klor ile yıkama	5	24,1100
Sig.		,138

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5,526.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

a*

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05
		1
su ile yıkama	5	7,2300
klor ile yıkama	5	7,4440
kontrol	7	7,8100
Sig.		,636

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5,526.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

b*

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05
		1
su ile yıkama	5	4,3980
klor ile yıkama	5	5,3030
kontrol	7	5,3213
Sig.		,250

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5,526.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

hue açıcı

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05
		1
su ile yıkama	5	,5520
kontrol	7	,6043
klor ile yıkama	5	,6180
Sig.		,198

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5,526.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

EK-23: HIPL uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası renk analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
L*	,413	8	62	,909
a*	1,240	8	62	,291
b*	,487	8	62	,861
chroma	,953	8	62	,481
hue açıcı	1,610	8	62	,140
renk farkı (delta E)	,358	7	56	,922

L*

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05
		1
HIPL-20-9	7	22,3129
kontrol	7	22,5671
HIPL-10-12	9	22,8567
HIPL-10-3	8	23,0050
HIPL-20-3	7	23,3043
HIPL-10-6	8	23,3513
HIPL-20-6	8	23,3775
HIPL-20-12	8	23,7113
HIPL-10-9	9	23,8133
Sig.		,213

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7,821.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

a*

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05
		1
HIPL-10-6	8	7,0513
HIPL-10-3	8	7,5363
kontrol	7	7,8100
HIPL-20-9	7	8,0097
HIPL-10-12	9	8,3078
HIPL-20-3	7	8,6843
HIPL-20-6	8	8,8300
HIPL-20-12	8	8,9638
HIPL-10-9	9	9,4133
Sig.		,099

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7,821.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

b*

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05
		1
HIPL-10-3	8	4,5075
HIPL-20-6	8	5,0763
HIPL-20-9	7	5,0829
HIPL-10-6	8	5,1350
HIPL-10-12	9	5,1511
kontrol	7	5,3213
HIPL-20-12	8	5,4463
HIPL-20-3	7	5,8457
HIPL-10-9	9	6,1667
Sig.		,099

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7,821.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

chromaDuncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05
		1
HIPL-10-3	8	8,8100
HIPL-10-6	8	8,8225
kontrol	7	9,4800
HIPL-20-9	7	9,5157
HIPL-10-12	9	9,7889
HIPL-20-6	8	10,2063
HIPL-20-12	8	10,5225
HIPL-20-3	7	10,5486
HIPL-10-9	9	11,2811
Sig.		,136

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7,821.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

hue açıcıDuncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05
		1
HIPL-20-6	8	,5175
HIPL-10-3	8	,5388
HIPL-20-12	8	,5588
HIPL-10-12	9	,5611
HIPL-10-9	9	,5678
HIPL-20-9	7	,5700
HIPL-20-3	7	,5900
kontrol	7	,6043
HIPL-10-6	8	,6325
Sig.		,058

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7,821.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

renk farkı (delta E)

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05
		1
HIPL-10-6	8	2,4450
HIPL-20-6	8	2,4463
HIPL-20-3	7	2,8857
HIPL-10-3	8	3,1600
HIPL-10-9	9	3,2000
HIPL-20-9	7	3,2214
HIPL-10-12	9	3,5322
HIPL-20-12	8	3,8400
Sig.		,223

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7,937.

c. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

EK-24:UV-C uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası renk analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
L*	1,113	8	55	,369
a*	4,098	8	55	,001
b*	1,306	8	55	,260
chroma	3,735	8	55	,001
hue açıcı	,636	8	55	,744
renk farkı (delta E)	5,676	7	49	,000

L*

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
UV-C-10-12	7	22,3671	
kontrol	7	22,5671	
UV-C-20-9	9	22,9922	
UV-C-10-6	7	23,3914	23,3914
UV-C-20-3	7	23,6529	23,6529
UV-C-20-6	7	23,8114	23,8114
UV-C-10-3	7	23,9100	23,9100
UV-C-10-9	8	23,9813	23,9813
UV-C-20-12	5		25,1960
Sig.		,122	,076

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,959.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

a*

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
UV-C-10-6	7	6,7314	
UV-C-20-3	7	7,1443	7,1443
UV-C-10-9	8	7,2063	7,2063
UV-C-10-12	7	7,7214	7,7214
kontrol	7	7,8100	7,8100
UV-C-20-12	5	8,2780	8,2780
UV-C-10-3	7	8,4929	8,4929
UV-C-20-9	9	8,5278	8,5278
UV-C-20-6	7		9,4786
Sig.		,196	,092

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,959.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

b*

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	
UV-C-20-3	7	4,7986	
UV-C-20-9	9	4,8933	
UV-C-10-6	7	5,1843	
kontrol	7	5,3213	
UV-C-10-9	8	5,7150	
UV-C-20-6	7	5,7329	
UV-C-10-12	7	6,0600	
UV-C-10-3	7	6,5657	
UV-C-20-12	5	6,5760	
Sig.		,071	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,959.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

chromaDuncan^{a,b}

örnekgupları	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	
UV-C-10-6	7	8,5429	
UV-C-20-3	7	8,6414	
UV-C-10-9	8	9,2175	
kontrol	7	9,4800	
UV-C-20-9	9	9,8622	
UV-C-10-12	7	9,8671	
UV-C-20-12	5	10,6060	
UV-C-10-3	7	10,7871	
UV-C-20-6	7	11,1057	
Sig.		,112	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,959.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

hue açıcıDuncan^{a,b}

örnekgupları	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
UV-C-20-9	9	,5244	
UV-C-20-6	7	,5543	,5543
UV-C-20-3	7	,5757	,5757
kontrol	7	,6043	,6043
UV-C-10-3	7		,6543
UV-C-20-12	5		,6640
UV-C-10-6	7		,6657
UV-C-10-12	7		,6686
UV-C-10-9	8		,6725
Sig.		,167	,054

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,959.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

renk farkı (delta E)

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05
		1
UV-C-20-3	7	2,3871
UV-C-10-12	7	2,4900
UV-C-20-9	9	2,6444
UV-C-10-3	7	2,7229
UV-C-10-6	7	3,0843
UV-C-20-12	5	3,1460
UV-C-10-9	8	3,1763
UV-C-20-6	7	3,9057
Sig.		,184

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,954.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

EK-25: Yıkama uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası toplam monomerik antosiyanin analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Test of Homogeneity of Variances

antosiyanınmadde

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
11,887	2	11	,002

Toplam antosiyanin madde

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
klor	5	,1180		
su	6		,1483	
kontrol	3			,1867
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,286.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

EK-26: HIPL uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası toplam monomerik antosiyanin analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Test of Homogeneity of Variances

antosiyeninmadde

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,639	8	25	,738

Toplam antosiyanin madde

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
HIPL-10-12	3	,0967					
HIPL-20-6	4	,1075	,1075				
HIPL-20-9	3		,1167	,1167			
HIPL-10-9	3			,1300	,1300		
HIPL-10-6	3				,1333	,1333	
HIPL-20-3	6				,1417	,1417	
HIPL-10-3	4					,1475	
HIPL-20-12	5					,1480	
kontrol	3						,1867
Sig.		,135	,203	,069	,127	,065	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,553.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

EK-27: UV-C uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası toplam monomerik antosiyanin analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Test of Homogeneity of Variances

antosiyaninmadde

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,534	8	22	,202

Toplam antosiyanin madde

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
UV-C-10-9	3	,1167				
UV-C-20-6	3	,1167				
UV-C-10-6	3	,1367	,1367			
UV-C-10-3	5		,1460	,1460		
UV-C-20-12	5		,1480	,1480		
UV-C-20-3	3		,1500	,1500		
UV-C-20-9	3			,1600	,1600	
UV-C-10-12	3				,1767	,1767
kontrol	3					,1867
Sig.		,060	,216	,195	,096	,309

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,293.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

EK-28: Yıkama uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası toplam fenolik madde analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Test of Homogeneity of Variances

fenolik

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,824	2	23	,184

Toplam fenolik madde

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05
		1
klor	10	,5550
su	6	,5950
kontrol	10	,6190
Sig.		,101

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8,182.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

EK-29: HIPL uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası toplam fenolik madde analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Test of Homogeneity of Variances

fenolik

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
8,252	8	70	,000

Toplam fenolik madde

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
HIPL-10-12	4	,5850			
HIPL-20-12	9	,5989			
kontrol	10	,6190	,6190		
HIPL-20-3	9		,7089	,7089	
HIPL-20-9	10		,7120	,7120	
HIPL-10-9	9			,7867	
HIPL-10-3	10			,8060	
HIPL-10-6	9				,9211
HIPL-20-6	9				,9589
Sig.		,523	,079	,077	,448

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8,141.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

EK-30: UV-C uygulamaları ile işlenen dondurulmuş kiraz örneklerinde işlem sonrası toplam fenolik madde analizi sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Test of Homogeneity of Variances

fenolik

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3,155	8	67	,004

Toplam fenolik madde

Duncan^{a,b}

örnekgrupları	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
kontrol	10	,6190		
UV-C-10-6	9	,6689	,6689	
UV-C-10-3	8	,6700	,6700	
UV-C-20-12	6	,6717	,6717	
UV-C-20-6	10	,6930	,6930	
UV-C-10-12	8	,6963	,6963	
UV-C-10-9	5	,7120	,7120	,7120
UV-C-20-3	10		,7500	,7500
UV-C-20-9	10			,8250
Sig.		,142	,201	,050

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7,980.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

EK-31: UV-C ve HIPL uygulamaları ile işlem görmüş dondurulmuş kiraz örneklerinde elde edilen mikrobiyal inaktivasyon verilerinin sabit enerji dozu ve farklı lamba mesafelerinde istatistiksel olarak analiz edilmesi

Uygulama	Doz (J/cm ²)	Mesafe (cm)	<i>L. innocua</i> inakt. (log KOB/g)	Toplam Canlı Bakt. İnakt. (log KOB/g)	Toplam Maya-Küf inakt. (log KOB/g)
HIPL	3	10	0.36±0.02 ^a	0.60±0.04 ^a	0.75±0.09 ^a
		20	0.19±0.03 ^b	0.41±0.27 ^a	0.38±0.04 ^b
	6	10	0.65±0.04 ^b	0.75±0.07 ^a	0.92±0.02 ^a
		20	2.34±0.03 ^a	0.89±0.36 ^a	0.52±0.16 ^b
	9	10	2.90±0.03 ^a	1.56±0.21 ^a	0.95±0.23 ^a
		20	1.88±0.02 ^b	1.83±0.01 ^a	0.82±0.04 ^a
	12	10	2.73±0.05 ^a	2.83±0.01 ^a	1.12±0.16 ^a
		20	2.22±0.02 ^b	2.83±0.01 ^a	0.86±0.08 ^a
	UV-C	10	0.64±0.07 ^b	0.93±0.00 ^a	1.17±0.25 ^a
		20	1.35±0.03 ^a	0.67±0.18 ^a	0.62±0.29 ^a
UV-C	6	10	1.10±0.11 ^b	1.43±0.16 ^a	1.24±0.16 ^a
		20	1.93±0.06 ^a	0.72±0.30 ^b	0.64±0.25 ^b
	9	10	1.26±0.13 ^b	1.93±0.00 ^a	1.29±0.19 ^a
		20	2.72±0.07 ^a	0.98±0.00 ^b	0.86±0.32 ^a
	12	10	2.43±0.11 ^a	2.63±0.00 ^a	1.41±0.15 ^a
		20	2.73±0.05 ^a	2.63±0.00 ^a	1.00±0.16 ^a

*a-b Aynı grup ve aynı enerji dozunda farklı lamba mesafelerinde birbirini takip eden harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).