

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**BEYAZ ÜZÜM SUYUNUN MİKROBİYAL YÜKÜNÜN
AZALTILMASINDA
GAMMA (γ) RADYASYON VE ULTRAVİYOLE (UV) IŞINLAMANIN
KULLANIMI VE BU İŞLEMLERİN ÜRÜN KALİTESİNE ETKİLERİ**

Sıla BARUT GÖK

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN. Dr. Öğr. Üyesi Figen DAĞLOĞLU

TEKİRDAĞ-2018

Her hakkı saklıdır

Bu tez çalışması, Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (NKÜBAP) tarafından desteklenmiştir. Proje numarası: NKUBAP.00.24.DR.12.03.

Dr. Öğr. Üyesi Figen DAĞLIOĞLU danışmanlığında, Sıla BARUT GÖK tarafından hazırlanan “Beyaz üzüm suyunun mikrobiyal yükünün azaltılmasında Gamma (γ) Radyasyon ve Ultraviyole (UV) Işınlamanın Kullanımı ve Bu İşlemlerin Ürün Kalitesine Etkileri” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Taner BAYSAL

İmza:

Üye: Prof. Dr. Sevcan ÜNLÜTÜRK

İmza:

Üye: Prof. Dr. Bülent EKER

İmza:

Üye: Prof. Dr. Ömer ÖKSÜZ

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Figen DAĞLIOĞLU

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Doktora Tezi

BEYAZ ÜZÜM SUYUNUN MİKROBİYAL YÜKÜNÜN AZALTILMASINDA GAMMA (γ) RADYASYON VE ULTRAVİYOLE (UV) IŞINLAMANIN KULLANIMI VE BU İŞLEMLERİN ÜRÜN KALİTESİNE ETKİLERİ

Sıla BARUT GÖK

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Figen DAĞLIOĞLU

Tez çalışması kapsamında, Türkiye açısından ekonomik değeri olan ve genellikle şarap üretiminde kullanılan *Vitis vinifera* L. cinsi beyaz üzümde elde edilen üzüm suyunun mikrobiyolojik yükünün azaltılmasında ısı pastörizasyona alternatif olarak ultraviyole (UV) ışınlama ve gamma (γ) radyasyon yöntemlerinin meyve suyu özellikleri üzerine etkinliğinin araştırılması ve buna ek olarak, + 4 °C'de 14 günlük depolama koşullarının raf ömrüne etkisinin belirlenmesi hedeflenmiştir. UV ışınlama işlemi için, dünya literatüründe kullanılan mevcut reaktörlerde raporlanan bazı olumsuzlukların giderilmesi ve UV ışının ürüne daha etkin şekilde nüfuz etmesi amacıyla UV reaktör tasarımı gerçekleştirilmesi de çalışmanın amaçlarından biri olarak belirlenmiştir. Çalışma çıktıları ile standartlarda öngörülen mikrobiyolojik kriterleri ısı pastörizasyona gerek duyulmadan ürün kalitesinde en az değişimle sağlayacak alternatif teknolojiler ile raf ömrü boyunca bu özellikleri koruyan işlem koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Mikrobiyolojik kriterlerin sağlanmasının yanı sıra işlemlerin, sağlık üzerine olumlu etkileri bulunan bileşenlere etkisi ve işlemler sonrası sağlık üzerine zararları bilinen maddelerin oluşumuna etkisi ile bazı kalite özelliklerinin belirlenmesine yönelik analizlerde gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında uygulanacak işlem normları, ısı pastörizasyon, γ radyasyon ve UV-C ışınlama için sırasıyla, 85 °C'de 15 dakika, 3 ve 5 kGy, 1598 mJ cm⁻¹, 441 mJ cm⁻¹, 239 mJ cm⁻¹ olarak belirlenmiş, kontrol grubu olarak ham halde temin edilen üzüm suyu kullanılmıştır. Bakteriyel yük üzerinde ısı olmayan işlemlerin inaktivasyon etkinliğinin ısı pastörizasyon işlemine kıyasla fazla olduğu, etkin bir UV-C reaktör tasarımı ile daha düşük dozlarda, ısı işlem ile elde edilen etkiye benzer bir etkinin sağlanabileceği saptanmıştır. Fungal yük açısından, bakteri yükünde elde edilen etkiye benzer bir etki meydana gelmiş yüksek dozda gamma ışınlama ve UV-C işlemi fungal yük üzerinde % 99.99 değerinde bir azalma sağlamıştır. Tüm ısı olmayan işlemler, üzüm sularının antioksidan aktivite ve fenolik bileşen miktarlarında artış meydana getirmiş ısı pastörizasyon ise fenolik bileşen miktarında azalmaya sebep olmuştur. Üzüm sularının monomerik antosiyanin içeriği ise en az düzeyde gamma ışınlama olmakla birlikte tüm işlemlerden zarar görmüştür. Isı olmayan uygulamalar, ısı işlemin aksine enzim aktivitesinde

artıya sebep olmuştur. İşlemlerin üzüm sularının L^* değerini arttırdığı, ürünün kontrol örneğine kıyasla daha saydam ve parlak bir görünüm kazandığı, a^* değerinde ise, işlemler sonrasında azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Pastörizasyon ve UV-C ışınlama işlemleri dışında işlemlerin duyuşal özellikler üzerine önemli bir etkisinin bulunmadığı saptanmıştır ($p \geq 0.05$). Literatürde mikrobiyolojik raf ömrü limiti olarak belirlenen 6 log kob/ml değeri baz alınarak yapılan depolama değerlendirmesinde, tüm işlemler için, TMAB sayısının söz konusu limitin altında kaldığı ve 3 kGy gamma ışınlanmış ürünler dışındaki üzüm sularının bakteriyel yüklerinde depolama süresince önemli bir değişim olmadığı saptanmıştır. Türk Gıda Kodeksi'ne göre meyve suları ve nektarlarda fungal yük için 3 log kob/ml olarak belirlenen kabul edilebilir maksimum limitin, kontrol örnekleri dışında, depolama boyunca aşılmadığı saptanmıştır. Depolama süresince, 3 kGy dozda ışınlanan üzüm suları dışındaki tüm örneklerin antioksidan aktivitesinde artış saptanmıştır. Depolama süresinin, fenolik bileşen ve antosiyanin miktarı ile enzim aktivitesinde önemli bir azalma meydana getirdiğı belirlenmiştir. Depolama süresince örneklerin titrasyon asitliliğı ve pH değerlerinde meydana gelen değişimler, uygulanan işlemlere göre farklılık göstermiştir. L^* , a^* ve b^* değerleri incelendiğinde, ısı olmayan tekniklerin, meyve sularında depolama boyunca rengin korunmasına daha fazla katkı sağladığı belirlenmiştir. Isıl olmayan teknolojilerin, ısı işlemlere alternatif oluşturabileceğı, mikrobiyolojik kriterler baz alındığında raf ömrünü arttırmada tek başına kullanılabilceğı görülmektedir. Enzim inaktivasyonu gibi renk ve besin bileşenlerini etkileyen özellikler açısından düşünöldüğünde ise, ısı olmayan işlemlerin tek başına kullanımı muhafaza için yeterli olmasa dahi, ılımlı bir ısı işlemle kombine halde kullanılabilmesi sanayiye uygulanabilirlik açısından daha gerçekçi ve yakın gelecekte hayata geçirilebilecek bir yaklaşım olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ultraviyole-C (UV-C) ışın, Gamma (γ) radyasyon, üzüm suyu, mikrobiyal inaktivasyon, PPO, HMF, antioksidan aktivite, raf ömrü

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

USAGE OF GAMMA IRRADIATION AND ULTRAVIOLET RADIATION IN INACTIVATION OF THE MICROORGANISMS OF GRAPE JUICE AND THE EFFECTS OF OPERATIONS ON THE QUALITY OF PRODUCT

Sıla BARUT GÖK

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Figen DAĞLIOĞLU

In this dissertation, the efficiency of Ultraviolet (UV) radiation and gamma (γ) radiation techniques as an alternative to thermal pasteurization to reduce the microbial load and properties of grape juice squeezed from white grape is researched. White grape has an economic value in terms of Turkey and is usually used in the production of wine and recently started to be consumed as fruit juice. In addition to this, for evaluating changes of properties during the shelf-life of juice, analyses were done during the storage period at 4 °C for 14 days. Eliminating the reported disadvantages of present reactors in the literature and providing efficient penetration of UV-C light were determined as the other aims of the research. With this research, microbiological criteria determined by the legal standards were tried to provide operations which cause minimum changes in the product quality without thermal pasteurization during the shelf life. Besides the microbiological criteria, the effect of operations on compounds such as furan HMF were also evaluated. Conditions of thermal operation, gamma irradiation and UV-C radiation were 85 °C for 15 minutes, 3 kGy and 5 kGy, 1598 mJ cm⁻¹, 441 mJ cm⁻¹, 239 mJ cm⁻¹, respectively. Unprocessed grape juice was used as negative control. When results were evaluated, non-thermal techniques were determined more effective than thermal pasteurization and it was also found out that an effective result could be provided similar to pasteurization by an effective UV-C reactor design. Highest dose of gamma irradiation and UV-C irradiation caused similar effect on the fungal load and were detected as effective operations that are sufficient to 99.99 % of the fungal load of grape juice. Although non-thermal techniques caused increase in antioxidant activity and phenolic compounds of product, thermal pasteurization caused decrease in phenolic compounds. Monomeric anthocyanin level was damaged because of thermal and non-thermal operations. The lowest damage was obtained in gamma irradiation process. The most negative results obtained in non-thermal techniques were on enzyme activity and each operation increases the PPO activity unlike pasteurization. It was detected that L^* value increased due to each operation and product became more transparent and bright after

increase. a^* value decreased after operations. Operations did not have significant effect on sensory properties ($p \geq 0.05$) except for pasteurization and UV-C irradiation. According to the evaluation of microbiological shelf life of 6 cfu/ml, all the operations were detected under the limit in terms of TMAB count. During storage there were no significant changes of bacterial load except for 3 kGy gamma irradiation dose. According to Turkish Food Codex, maximum limit of fungal load of fruit juices and nectars cannot be more than 3 log cfu/ml. This limit was not exceeded except for control samples. During the storage, antioxidant capacity of treated and non-treated samples except for 3 kGy increased. The phenolic compounds and anthocyanin content of fruit juice were affected by the storage time and decreased during the shelf life experiment. During the storage, the effect of storage time on titratable acidity and pH value of samples changed according to treatments. Changes in L^* , a^* and b^* values showed that non-thermal operations protect the colour of fruit juice more than pasteurization. According to evaluated results, it is seen that non-thermal techniques can be used as an alternative to thermal technologies and according to microbiological results, each technique can be used alone for increasing the shelf-life of the product while maintaining its quality. When properties such as enzyme inactivation which affect colour and nutrition value were evaluated, it is observed that combinations of non-thermal techniques with mild heat treatments can provide the maintenance of the quality of food and more adaptable approaches for industrial applications.

Keywords: Ultraviolet-C (UV-C) light, Gamma (γ) radiation, grape juice, microbial inactivation, PPO, HMF, antioxidant activity, shelf life

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşamasında destek ve yardımlarını esirgemeyen, deneyimlerini benimle paylaşan, her anlamda yanımda olan çok kıymetli ve sevgili danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Figen DAĞLIOĞLU başta olmak üzere, çalışma kapsamında yol göstericiliğiyle değerli desteğini gördüğüm sevgili hocam sayın Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ'e, jürimde tezimi değerlendirmesinden onur ve gurur duyduğum, bana olan güven ve desteklerini her zaman hissettiren sevgili hocalarım sayın Prof. Dr. Taner BAYSAL ve sayın Prof. Dr. Sevcan ÜNLÜTÜRK'e, tezimi değerlendiren ve değerli katkılarını esirgemeyen hocam sayın Prof. Dr. Ömer ÖKSÜZ'e, bana olan güveni ve sevgisini her zaman hissettiğim, bir büyük ve bir hoca olarak her zaman örnek aldığım, saygıdeğer/sevgili büyüğüm ve değerli hocam sayın Prof. Dr. Mehmet DEMİRCİ'ye, her zaman yanımda olan, bilgisini paylaşmaktan çekinmeyen candan desteğini ve yardımını esirgemeyen sevgili hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Binnur KAPTAN'a, desteğini, bilgisini ve değerli vaktini harcamaktan çekinmeyen sevgili hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Serap DURAKLI VELİOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim. Tez süresince analizler konusunda yardımları dokunan, destek ve ilgilerini esirgemeyen Gıda Mühendisi sayın Dr. Mehmet GÜLCÜ'ye, başta Uzman Elif Burcu AYDIN olmak üzere tüm NABİLTEM personeline sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezim sırasında manevi desteklerini benden esirgemeyen, Araş. Gör. Elif Ceren PEHLİVAN, Araş. Gör. H. Cömert KURÇ, Araş. Gör. F. Seren SAĞIR, Araş. Gör. Dr. Mine AYDIN KURÇ, Araş. Gör. Yasemin ERDOĞDU, Uzman Duygu KORUCU, istatistik analizlerde yardımını esirgemeyen ve bir arkadaş olarak desteğini koşulsuz hissettiren Araş. Gör. Eyüp Erdem TEYKİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Araştırma kapsamında çok kıymetli desteklerini gördüğüm mesai arkadaşlarım sayın Yrd. Doç. Dr. Kadir GÜRBÜZ GÜNER, Araş. Gör. Demet APAYDIN, Araş. Gör. Gülnaz ÇELİKYURT ve Gıda Mühendisliği bölümündeki tüm mesai arkadaşlarım ve öğretim üyelerine, değerli öğrenci arkadaşlarım, Tolga BEZGİN ve Hülya AZAKLI'ya, tezimi maddi olarak destekleyen NKUBAP birimine, tezimle ilgili sorularıma sabırla cevap veren Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne, tezimin yazım aşamasında bana her türlü manevi desteği veren ve zorlu zamanlarıma sabreden sevgili arkadaşım Öğr. Gör. Gamze YAKAR ve Çorlu Meslek Yüksekokulu'ndaki mesai arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak, her zaman başardığımdan fazlası olduğuma inanan ve hep daha ileriye bakmamı, hayatta dürüstlüğü en önemli erdem olduğunu öğütleyen, hayatlarını çocuklarına adanmış annem Nuriye BARUT ve babam Tefvik BARUT'a, okumamı her zaman destekleyen bana bir arkadaş kadar yakın olan dedem merhum Tefvik ORDU'ya, tez boyunca her türlü zorlu anıma sabreden ve bana destek olan eşim Ahmet GÖK'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGE DİZİNİ	ix
ŞEKİL DİZİNİ	xi
SİMGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
3. MATERYAL ve YÖNTEM	37
3.1 Materyal.....	37
3.1.1 Üzüm Suyu	37
3.2 Yöntem	38
3.2.1 Üzüm Suyunun Optik Özelliklerinin Belirlenmesi	38
3.2.1.1 Üzüm Suyunun Absorbans Sabitinin Belirlenmesi	38
3.2.1.2 Üzüm Suyunun Bulanıklığının Belirlenmesi.....	39
3.2.1.3 Üzüm Suyunun Yoğunluğunun Belirlenmesi.....	39
3.2.2 Dozimetri Çalışmaları.....	39
3.2.2.1 Yansımali Akış Yollu Ultraviyole-C (UV-C) Reaktör Tasarımı.....	39
3.2.2.2 UV-C dozunun ölçümü.....	43
3.2.2.3 UV-C Reaktör Tasarımında Reynolds Sayısı ve Dean Girdabı.....	44
3.2.3 Gamma (γ) Radyasyon Uygulaması	45
3.2.4 Pastörizasyon Uygulaması.....	46
3.2.5 Cam kavanozların sterilizasyonu	46
3.2.6 Deneme deseni.....	46
3.2.7 Analiz Yöntemleri	48
3.2.7.1 Mikrobiyolojik Analizler.....	48
3.2.7.1.1 Toplam aerobik bakteri sayımı	48
3.2.7.1.2 Küf-Maya sayımı.....	48
3.2.7.2 DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikal söndürücü kapasite yöntemiyle antioksidan aktivite tayini	48
3.2.7.3 Toplam Fenolik Madde İçeriğinin (TFM) Tayini	50
3.2.7.4 Toplam Monomerik Antosiyaninlerin pH-differansiyel Metoduyla Tayini.....	50

3.2.7.5 Polifenol Oksidaz (PPO) Aktivitesi Tayini	52
3.2.7.6 5- Hidroksimetilfurfural (5-HMF) Tayini	52
3.2.7.7 <i>trans</i> -Resveratrol Miktarı Tayini.....	53
3.2.7.8 Furan analizi	54
3.2.7.9 Kül içeriği (%).....	54
3.2.7.10 Brix	55
3.2.7.11 pH değeri Analizi.....	55
3.2.7.12. Titrasyon Asitliği Analizi (%)	55
3.2.7.13 Renk Analizi	56
3.2.7.14 Duyusal Analiz	56
3.2.7.15 İstatistiksel Analiz	57
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	58
4.1. Üzüm Suyunun Optik Özellikleri	58
4.2. Yansımali akış yollu UV-C reaktör tasarımında Reynolds sayısı ve Dean girdabı	58
4.3. UV-C Dozimetri Sonuçları	59
4.4. Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Üzüm Sularının Mikrobiyolojik Yüküne Etkisi	60
4.4.1 Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Yüküne Etkisi	60
4.4.2 Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Fungal Yüke Etkisi	70
4.5 Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Üzüm Sularının Diğer Özelliklerine Etkisi.....	76
4.5.1 Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde Miktarına Etkisi	76
4.5.2 Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Antosiyanin İçeriğine Etkisi	87
4.5.3 Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Polifenol Oksidaz (PPO) Aktivitesine Etkisi.....	93
4.5.4 Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin 5- Hidroksimetilfurfural (5-HMF) Miktarına Etkisi.	101
4.5.5 Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin <i>trans</i> -Resveratrol Miktarına Etkisi	106
4.5.6 Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Furan Oluşumuna Etkisi	112
4.5.7 Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Kül İçeriğine Etkisi (%).....	119
4.5.8 Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Suda Çözünebilir Toplam Kuru Madde (SÇTKM) Miktarına Etkisi	119
4.5.9 Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin pH Değeri ve Titrasyon Asitliği (%) Miktarına Etkisi	122
4.5.10 Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Renk Değerlerine Etkisi.....	126
4.5.11 Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Üzüm Sularının Duyusal Özelliklerine Etkisi	133
4.6 Depolama Denemeleri	137

4.6.1	Depolama Süresince Toplam Mezofil Aerobik Bakteri (TMAB) Sayısındaki Değişim	137
4.6.2	Depolama Süresince Küf-Maya Sayısındaki Değişim	145
4.6.3	Depolama Süresince Antioksidan Aktivitedeki Değişim	151
4.6.4	Depolama Süresince Toplam Fenolik Madde İçeriğindeki (TFM) Değişim.....	158
4.6.5	Depolama Süresince Toplam Monomerik Antosiyanin İçeriğindeki Değişim.....	164
4.6.6	Depolama Süresince Polifenol Oksidaz (PPO) Aktivitesindeki Değişim	169
4.6.7	Depolama Süresince 5- Hidroksimetilfurfural (5-HMF) Miktarındaki Değişim	173
4.6.8	Depolama Süresince <i>trans</i> -Resveratrol Miktarındaki Değişim.....	178
4.6.9	Depolama Süresince Furan Miktarındaki Değişim.....	178
4.6.10	Depolama Süresince Kül İçeriğindeki (%) Değişim	180
4.6.11	Depolama Süresince Suda Çözünebilir Toplam Kuru Madde (SÇTKM) Miktarındaki Değişim.....	181
4.6.12	Depolama Süresince pH Değerindeki Değişim	183
4.6.13	Depolama Süresince Titrasyon Asitliğindeki (%) Değişim.....	186
4.6.14	Depolama Süresince Renk Değerlerindeki Değişim	189
4.6.15	Depolama Süresince Duyusal Özelliklerdeki Değişim.....	197
5.	SONUÇ ve ÖNERİLER	202
6.	KAYNAKLAR.....	209

Çizelge 2.1: UV-C ışının 254 nm dalga boyunda sıvı gıdalardaki absorpsiyon katsayıları (Shama 1999)	23
Çizelge 4.1: Farklı üzüm suyu akış debilerinde elde edilen Reynolds ve Dean Sayıları.....	59
Çizelge 4.2: Ortalama UV-C ışın şiddetine (I_{avg}) göre hesaplanan UV-C dozları ($mJ\ cm^{-2}$)...	59
Çizelge 4.3: İşlemlerin üzüm sularının toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı (log kob/ml) üzerine etkisi.....	60
Çizelge 4.4: İşlemlerin üzüm sularının küf-maya sayısı (log kob/ml) üzerine etkisi.....	70
Çizelge 4.5: İşlemlerin üzüm sularının toplam antioksidan aktiviteleri üzerine etkisi	76
Çizelge 4.6: İşlemlerin üzüm sularının toplam fenolik madde miktarına (TFMM) etkisi	83
Çizelge 4.7: İşlemlerin üzüm sularının toplam monomerik antosiyanin miktarına etkisi.....	87
Çizelge 4.8: İşlemlerin üzüm sularının polifenol oksidaz (PPO) aktivitesi üzerine etkisi	93
Çizelge 4.9: İşlemlerin üzüm sularının 5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) miktarı üzerine etkisi	101
Çizelge 4.10: <i>trans</i> -resveratrol kalibrasyon grafiği.....	106
Çizelge 4.11: Furan standardı kalibrasyon grafiği.....	113
Çizelge 4.12: İşlemlerin üzüm sularının kül içeriğine (%) etkisi.....	119
Çizelge 4.13: İşlemlerin üzüm sularının suda çözünebilir toplam kuru madde değerleri üzerine etkisi.....	120
Çizelge 4.14: İşlemlerin üzüm sularının pH değerleri üzerine etkisi	122
Çizelge 4.15: İşlemlerin üzüm sularının titrasyon asitliği (%) değerleri üzerine etkisi	124
Çizelge 4.16: İşlemlerin üzüm sularının renk değerleri üzerine etkisi.....	126
Çizelge 4.17: İşlemlerin üzüm sularının duyuşal özellikleri üzerine etkisi.....	133
Çizelge 4.18: Depolama boyunca üzüm sularının toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayısı (log kob/ml)	138
Çizelge 4.19: Depolama boyunca üzüm sularının küf-maya sayısı (log kob/ml)	145
Çizelge 4.20: Depolama boyunca üzüm sularının antioksidan aktivitesi (EC50 değeri)	152
Çizelge 4.21: Depolama boyunca üzüm sularının toplam fenolik madde miktarı (mgGAE/L)	159
Çizelge 4.22: Depolama boyunca üzüm sularının toplam monomerik antosiyanin miktarı (mg Malvidin-3-glukozid).....	164

Çizelge 4.23: Depolama boyunca üzüm sularının polifenol oksidaz aktivitesi (U/ml enzim ekstraktı)	169
Çizelge 4.24: Depolama boyunca üzüm sularının 5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) miktarları, mg/L.....	173
Çizelge 4.25: Depolama boyunca üzüm sularının kül içeriğindeki (%) değişim	180
Çizelge 4.26: Depolama boyunca üzüm sularının suda çözünebilir toplam kuru madde (SÇTKM) miktarındaki değişim.....	181
Çizelge 4.27. Depolama boyunca üzüm sularının pH değerleri	183
Çizelge 4.28. Depolama boyunca üzüm sularının titrasyon asitliği değerleri (%)	186
Çizelge 4.29: Depolama boyunca üzüm sularının L^* , a^* , b^* değerleri.....	190
Çizelge 4.30. Depolama boyunca üzüm sularının ΔE değerlerinin değişimi	196
Çizelge 4.31. Depolama boyunca üzüm sularının görünüş, renk, tat ve koku değerleri	198

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : DNA’da timin dimerlerinin oluşumu.....	21
Şekil 2.2 : UV-C ışının yol açtığı DNA bozulması.....	21
Şekil 3.1 : Beyaz üzüm suyu üretim akış şeması.....	38
Şekil 3.2 : Yansımali akış yollu UV-C reaktör tasarımı.....	42
Şekil 3.3 : Co-60 ışınlama tesisi (GammaPak A.Ş.(Alkan 2010)..	45
Şekil 3.4 : Deneme deseni	47
Şekil 3.5 : 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH)’in molekül yapısı	49
Şekil 4.1 : Üzüm Suyunun 254 nm dalga boyunda ölçülen absorbans-seyreltme faktörü grafiği	58
Şekil 4.2 : TMAB yükünde meydana gelen azalma oranının (N/No) Dean sayısına göre değişimi.....	62
Şekil 4.3 : Fungal yükte meydana gelen azalma oranının (N/No) Dean sayısına göre değişimi	72
Şekil 4.4 : İşlemlerin üzüm sularının kontrol örneklerine kıyasla toplam monomerik antosiyanin miktarlarında meydana getirdiği değişim.....	88
Şekil 4.5 : İşlemlerin üzüm sularının Polifenol Oksidaz (PPO) aktivitesi Üzerine etkisi	94
Şekil 4.6 : İşlemlerin üzüm sularının 5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) Miktarları Üzerine Etkisi	102
Şekil 4.7 : 10 ppm <i>trans</i> -resveratrol konsantrasyonunda standart çözelti kromatogramı	107
Şekil 4.8 : Kontrol örneğinde belirtilen kromatografik şartlarda resveratrol analiz kromatogramı.....	112
Şekil 4.9 : 10 ppm konsantrasyondaki furan standart çözelti kromatogramı	113
Şekil 4.10 : Kontrol örneğinde belirtilen kromatografik şartlarda furan analiz kromatogramı	114

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler:

γ	: Gamma
L^*	: Beyazlık
a^*	: Kırmızılık
b^*	: Sarılık
ΔE	: Toplam Renk Değişimi
J	: Joule
kg	: Kilogram
kGy	: Kilogray
kJ	: Kilojoule
g	: Gram
mg	: Miligram
μg	: Mikrogram
μL	: Mikrolitre
mJ	: Milijoule
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
mm^2	: Milimetrekare
mm^3	: Milimetreküp
L	: Litre
sn	: Saniye
dk	: Dakika
s	: Saat
log	: Logaritma 10'luk taban
ppm	: Milyonda bir kısım
$^{\circ}\text{C}$: Celsius derecesi
W	: Watt

Kısaltmalar:

AIJN	: Avrupa Meyve Suyu Birliği
ATCC	: American Type Culture Collection
CDC	: Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi
CLA	: Konjuge linoleik asit
DNA	: Deoksiribo nükleik asit
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	: Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
HMF	: Hidroksimetilfurfural
IAEA	: Uluslararası Atom Enerjisi Komisyonu
ITC	: Uluslararası Ticaret Merkezi
kob	: Koloni oluşturan birim
log	: Onluk logaritma/genel logaritma
DPPH	: 1,1-difenil 2-pikril hidrazil
PDA	: Potato Dextrose Agar
SÇKM	: Suda Çözünür Kuru Madde
TFMM	: Toplam Fenolik Madde Miktarı
TMAB	: Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri
UHT	: Ultra High Temperature
USDA	: ABD Tarım Bakanlığı
UV	: Ultraviolet
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

Günümüzde gıdaların güvenli bir şekilde daha uzun süre dayandırılması ve raf ömürlerinin uzatılması amacıyla birçok muhafaza yöntemi tek başına ya da bir arada kullanılmaktadır. Dayandırma yöntemlerinin uygulanmasında hergeçen gün teknolojik gelişmeler sağlanmasına rağmen hala birçok insan güvenli olmayan ve/veya kontamine olmuş gıdaların tüketimi nedeniyle gıda kaynaklı hastalıklara maruz kalmaktadır. Diğer yandan gıda güvenliğinin sağlanması ve devam ettirilmesi amacıyla birçok önlem alınmakta bununla birlikte tüketicilerde bu konuda gittikçe bilinçli hale gelmektedir. Ürünlerin güvenli bir şekilde daha uzun süre dayandırılması bir başka deyişle raf ömürlerinin uzatılmasında kullanılan birçok yöntem, artan bilinç düzeyiyle birlikte her geçen gün daha da sorgulanan konular olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle geleneksel ve yaygın olarak kullanılan dayandırma yöntemlerinden biri olan ısıl işlem, dünya çapında halen birçok gıdanın raf ömrünün uzatılmasında en çok başvurulan yöntemler arasında yer almaktadır. Isıl işlemlerin yaygın kullanımında, gıdanın mikrobiyal güvenliğini daha uzun süre korumasının yanı sıra enzimlerin inaktivasyonu ile gıdayı mikrobiyal olmayan bozulmalardan da koruyabilmesi gibi işlevleri de etkili olmaktadır. Ancak bu faydaları sağlarken bir yandan da gıdanın maruz kaldığı ısı yüklemesi sonucu gıdanın besin bileşenleri ile kalite ve duyu özelliklerinde meydana gelen azalma ve değişimler ürüne zarar vermektedir. Vitaminler, polifenoller, karotenoidler, glukozinolatlar, amino asitler gibi ısıya karşı hassasiyeti olan biyomolekülleri içermeleri nedeniyle özellikle her sıvı gıda ürünü, pastörizasyon işlemini tolare edemez (Mazza ve Brouillard 1990). Isıl işlemler gibi yaygın olarak başvurulan bir başka dayandırma yöntemi ise koruyucu madde ilavesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Sülfür dioksit gibi sülfidler, kuru meyveler, pekmez gibi ürünler kadar, şarap ve meyve sularında da antioksidan özelliklerinin yanı sıra antimikrobiyal özellikleri nedeniyle koruyucu olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte asetik asit, benzoatlar ve sorbatlarda, sülfidler gibi koruyucu olarak meyve suları ve meyveden elde edilen diğer ürünlerde kullanımı yaygın maddelerdir (FDA 2016). Gıdaların besin bileşenleri ve sağlığa yararlarıyla ilgili gün geçtikçe daha çok bilgi sahibi olan ve tüketim eğilimlerini daha sağlıklı, lezzetli, çevre dostu, daha az karbon ayak izine sahip sürdürülebilir teknolojilerle üretilen (Shah ve ark. 2016) ve tazeye en yakın ürün tüketmek olarak değiştiren günümüz tüketicileri, koruyucu ilaveler içermeyen, ısıl işlem görmemiş ya da minimum işlem görmüş gıdalara olan talebi arttırmakta ve üreticilerin de söz konusu ürünlerin üretimine yönelmesine neden olmaktadır.

Meyve suyu üretiminde, pratik olarak yenilebilen tüm ürünler hammadde olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de meyve suyuna işlenen meyvelerde son yıllarda elma, nar ve domatesle birlikte üzüm suyuna ve söz konusu meyvelerden elde edilen % 100 meyve sularına olan talebin artması, bu ürünleri iç pazarda değerli bir konuma yükseltmiştir (Aygören ve ark. 2014). Üzüm suyunun, % 100 meyve suyu sanayindeki önemi yalnızca tek başına kullanımından kaynaklanmamakta bununla birlikte diğer meyve sularına katkı amacıyla da sıkça başvurulan bir meyve suyu çeşidi olarak önemi bulunmaktadır. Her ne kadar, ülkemizde halen % 100 meyve suyu tüketim düzeyi nektarlara göre daha düşük olsa da, % 100 meyve suyuna artan ilgi nedeniyle üreticiler, meyve suyu işleme sürecinde, tat ve şeker dengesi açısından şeker ve aroma ilavesi yapılması gereken meyve sularında, söz konusu dengeyi şeker yerine üzüm suyu ile sağlayarak % 100 meyve suyu olarak tüketicilere sunabilmektedir (Aygören ve ark. 2014). 2016/2017 sezonunda Türkiye sofralık üzüm üretimi 345.000 ton artarak 2.4 milyon tona ulaşmıştır (Anonim 2017). Üzüm üretiminde önemli ülkeler sıralamasında, 2016 yılına kadar son 4 yıllık periyoda bakıldığında Türkiye, ABD, AB ülkeleri ve Hindistan’dan sonra 4. önemli ülke konumundadır. Ülkelere göre dünya üzüm ihracatında ise, 2016 verilerine göre Türkiye, % 6 ile Amerika, Şili ve Çin’den sonra 2.4 milyon ton ile dördüncü sırayı almıştır (Anonim 2017). Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı tarafından yayınlanan sektör raporları incelendiğinde, ITC (International Trade Centre)‘ den alınan verilere göre, dünya meyve suyu ve konsantre ihracatında üzüm suyu, 2015 yılında % 5.7’lik bir pay almıştır. Avrupa Meyve Suyu Birliği (AIJN) raporuna göre, Türkiye toplam meyve suyu ve nektar tüketimi, 2016 yılında 680 milyon litre olarak belirlenmiş, bu tüketimin 62 milyon litresi % 100 meyve suyu olarak, bunun da 57 milyon litresi endüstriyel olarak üretilen meyve suları olarak rapor edilmiştir (AIJN 2017).

Meyve suları, tüketicinin taze haline en yakın şekilde tüketmek istediği ürünlerin başında gelmektedir. Meyve sularında koruyucu ya da ısıtma işlem görmeyen ve taze sıkılmış haldeki özelliklerine en yakın meyve sularına yönelim, üreticilerin kalite özelliklerinde bazı istenmeyen değişimlere neden olan ısıtma işlemlere alternatif yeni teknolojilere yönelmesine neden olmuştur. Bu konudaki literatür çalışmaları da bu yönetime paralel olarak her geçen gün gelişmeye başlamıştır. Vurgulu elektrik alan (pulsed electric field), ultraviyole (UV) ışınlatma, elektrolize yükseltgen su (EYS), gamma radyasyon uygulaması, minimal ısıtma işlem, kesikli ya da sürekli yüksek basınç tekniği (HHP), ozon uygulaması, vurgulu ultraviyole (pulsed UV, PUV), vurgulu elektrik alan, (pulsed electric field, PEF), klorlama, koruyucu

madde ilavesi vb. işlemler geleneksel yöntemlere alternatif teknolojilere örnek olarak gösterilmektedir.

Son yıllarda birçok ülkede, ısı olmayan (non-thermal) işlemler, ısı işlemlere alternatif olarak gıda işlemede uygulama alanı bulmakta, ürün bazında sona eren araştırmalar sonrasında kullanılabilirliği endüstriye uyarlanmaya çalışılmaktadır. Tüketicinin kimyasal madde ilavesine karşı olan olumsuz tavrına kıyasla, fiziksel bir koruma metodu olarak UV ışınlama işlemi tüketicinin gözünde olumlu bir imaj yakalamıştır (Koutchma 2008). FDA ve Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı, 2000 yılında, gıdaların ısı olmayan pastörizasyonunda UV ışının kullanımının güvenli olduğunu onaylayarak meyve sularının ısı pastörizasyonuna alternatif olarak kullanımına izin vermiştir (US FDA 2000). Meyve ve sebze sularının ışınlanmasında, UV ışınlama dozunun performans kriteri ise, üründe tehlike yaratan hedef patojen sayısında 5 log₁₀ değerinde bir azalma sağlayan işlem olarak belirtilmiştir. Gelişmeler ışığında eskiden beri süregelen “pastörizasyon” kavramı da, gıdalar için yeniden tanımlanarak halk sağlığı açısından önemli mikroorganizma/mikroorganizmaların sayılarının azaltılmasında, gıdaya uygulanan herhangi bir proses, uygulama veya bunların kombinasyonlarını da içerecek halde yeniden tanımlanmıştır (Food Chemical News 2004, Koutchma 2008). UV ışınlama teknolojisinde, FDA tarafından meyve sularında uygulanan UV-C ışının performans kriteri olarak 5 log inaktivasyon değerinin belirlenmesi, literatür verileri ışığında değerlendirildiğinde, ışının meyve sularındaki uygulamalarında genellikle tahmin edilebilir sonuçları olmamasından kaynaklanmaktadır (Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas 2004, Noci ve ark. 2008, Tran ve Farid 2004, Pala ve Toklucu 2013, Fan ve Geveke 2007, Falguera ve ark. 2011, Caminiti ve ark. 2012, Müller ve ark. 2011, Müller ve ark. 2014, Ünlütürk ve Atılgan 2015, Bhat ve ark. 2011). Söz konusu durum ise, özellikle sıvı gıdalarda UV-C ışığın uygulanan ürün tarafından absorblanma miktarına göre değişmektedir.

Çalışma kapsamında, ısı olmayan uygulamalardan UV ışınlama işlemi için, dünya literatüründe kullanılan mevcut reaktörlerde raporlanan bazı olumsuzlukların giderilmesi ve UV ışının ürüne daha etkin bir biçimde nüfuz etmesi amacıyla bir UV reaktör tasarımı gerçekleştirilmesi de çalışmanın amaçlarından biri olarak belirlenmiştir. UV ışınlama işleminin birçok üründe uygulanmasının önündeki en büyük engel, UV ışınların nüfuz etme gücünün yani penetrasyon derinliğinin düşük olmasıdır. Bu nedenle, UV ışınlama işleminin, sanayiye aktarımında sınırlı alanda kalınmış genellikle yüzey dezenfeksiyonunda ve su, hava

gibi geçirgenliği yüksek olan maddelerin sterilizasyonunda kullanım alanı bulmuştur. Meyve suyu gibi gıdalarda ise, renk bileşenleri, katı organik maddeler ve askıda partiküller gibi bulanıklık unsurlarının (Koutchma 2008) gıda içerisindeki miktarlarına göre, ışının derine nüfuz etme (penetrasyon) gücü de giderek azalmaktadır. Işın gücünün azalması, dolaylı olarak dezenfeksiyon etkinliğinin de azalmasına yol açmaktadır. UV ışınlama işleminin sıvılarda uygulandığı literatürde kullanılan UV reaktörlerde karşılaşılan en önemli sorun, parçacıklı sıvılarda, parçacıkların mikroorganizmalar üzerine gölgeleme etkisi yaparak ışınla mikroorganizma arasında koruyucu bir bariyer görevi görmesidir. Bununla birlikte, ışınlama uygulanan sıvının rengi, UV işlemi için bir dezavantaj oluşturmakta koyu renkli ürünlerde nüfuz gücü giderek azaldığından sıvının çok kalın bir katman halinde verilmesi, daha derinde bulunan mikroorganizmalar üzerine ışının etkinliğini azaltmaktadır. Literatürden edinilen söz konusu bilgiler ışığında, yeni bir UV ışınlama reaktörü tasarlanarak söz konusu reaktörde UV ışının dezavantajlarının en aza indirilmesi hedeflenmiştir. Tasarım sırasında, UV ışın ile sıvı ürün arasında diğer reaktörlerde olumsuzluk yaratan mevcut katmanlar minimize edilmeye çalışılmış, sıvının ince bir katman halinde ışının önünden akışı sağlanmaya çalışılmıştır. Bununla birlikte, UV ışının mikroorganizmalar üzerine etkisini azaltan katı partiküllerin gölgeleme etkisini azaltmak veya tamamen engellemek amacıyla, sıvı katmanı, UV reaktör içerisine türbülanslı akış yapacak şekilde verilmesi, böylece sıvının ışınlama sırasında reaktör içerisinde sürekli çalkalanarak ilerlemesi hedeflenmiştir. UV ışının, sıvının her bölgesine ulaşabilmesi amacıyla, sıvı akışının sağlandığı kanal yüzeyi UV ışını yansıtacak şekilde tasarlanmıştır.

UV ışınlama işlemine kıyasla daha fazla çekince ve endişe ile yaklaşılan ve iyonize radyasyon türü olarak tanımlanan gamma (γ) ışınlama işlemi ise, Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi (CDC), ABD Tarım Bakanlığı (USDA) ile Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından güvenli ibaresi ile onaylanan, 56 ülkede kullanımı bulunan bir ısı olmayan uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır (Alighourchi ve ark. 2014, Bevilacqua ve ark. 2017). Temel olarak UV işlemi gibi, gamma ışınlamada, mikroorganizmalar üzerinde DNA hasarı yaratarak inaktivasyon sağlamaktadır. Gıda ortamı, nem miktarı, oksijenin varlığı/yokluğu gibi faktörler, mikroorganizmaların radyasyona karşı hassasiyetini/dayanıklılığını etkileyebilmektedir. Birçok üründe farklı özellikler üzerine etkinliği araştırılan gamma ışınlama işlemi, meyve-sebze sularında da çokça araştırılan bir ısı olmayan işlem olarak, mango suyu (Naresh ve ark. 2015), havuç suyu (Jo ve Lee 2012), ashibata ve karalahana suyu (Jo ve ark. 2012), vişne suyu (Arjeh ve ark. 2015), nar suyu

(Alighourchi ve ark. 2008), tamarind suyu (Lee ve ark. 2009), sebze suları (Song ve ark. 2006) gibi birçok meyve ve sebze suyunda çalışılmıştır.

Bu çalışmada, Türkiye açısından ekonomik değere sahip, şarap üretiminde kullanılan, Avrupa ülkelerinde meyve suyu olarak tüketimi bulunan, bununla birlikte ülkemizde de son yıllarda % 100 meyve suyu üretiminde tek başına ya da şeker ikamesi yerine kullanımı artan, Yapıncak (*Vitis vinifera* L.) çeşidi beyaz üzümünden elde edilen üzüm suyunun mikrobiyolojik yükünün azaltılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, geleneksel olarak kullanılan bir yöntem olan ısı pastörizasyona alternatif olarak, ultraviyole (UV) ışınlama ve gamma (γ) radyasyon yöntemlerinin etkinliğinin araştırılması hedeflenmiştir. Yalnızca işlemlerin üzüm sularının mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi değil aynı zamanda meyve suyu içerisinde bulunan sağlığa yararlı bazı maddelere etkisi ve işlemler sonrası oluşması muhtemel zararlı maddelerin oluşumuna etkisi ile kalite özellikleri değerlendirilmiştir. Bu özelliklerin, işlem görmeyen meyve sularına kıyasla işlemler sonrasında değişimine ek olarak, raf ömrü süresince değişiminin değerlendirilmesi amacıyla + 4 °C sıcaklıkta 14 günlük depolama koşullarının raf ömrüne etkisinin de belirlenmesi amaçlanmıştır. Yaygın olarak kullanılan ve aynı zamanda birçok üründe sıklıkla tercih edilen bir dayandırma yöntemi olan ısı pastörizasyona alternatif işlemlerin araştırılmasında ölçüt, mikrobiyolojik kriterleri sağlamanın yanı sıra söz konusu hedeflere ulaşırken işlemlerin kaliteye etkisinin de belirlenmesi olmuştur. Bu sayede, standartlarda öngörülen mikrobiyolojik kriterleri ürün kalitesinde en az değişimle, ısı işleme gerek duyulmadan alternatif teknolojiler ile sağlayan ve raf ömrü boyunca bu özellikleri koruyan işlem koşullarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Aspergillus ve *Penicillium* cinsi küflerin neden olduğu fungal kaynaklı hastalıklar veya küflerin oluşturduğu okratoksin A, sitrinin, patulin, penisilik asit gibi toksijenik mikotoksinler, üzüm gibi birçok meyvede, meyvenin çimlenme potansiyelinde azalma, meyvenin olgunlaşması sırasında yumuşama, renk bozulması, istenmeyen koku, kuru madde kaybı, ısınma, kimyasal ve besinsel değişimler, kalite kaybı ve savunma mekanizmasının zayıflaması gibi sorunlara yol açmaktadır (Aziz ve Moussa 2002, Braghini ve ark. 2009). Bu tip zararlar şüphesiz meyvenin, meyve suyuna işlenmesi sürecinde ve sonrasında da son ürün kalitesi ve verimine etki etmektedir. Üzümde, *Alternaria alternata*, *Aspergillus candidus*, *A.flavus*, *A.niger*, *A.ochraeceus*, *Botrytis cinerea*, *Penicillium citrinum*, *P. expansum*, *P. griseofulvum*, *Rhizopus nigricans* vb. küf türleri saptanmıştır (Aziz ve Moussa 2002). Bu türler, yukarıda sözü edilen ürün bazında sorunların yanı sıra mikotoksin içeren söz konusu ürünlerin tüketimi sonrasında insanlarda birçok ciddi probleme yol açabilmektedir (Braghini ve ark. 2009).

Gıda ürünlerinde mikrobiyal bulaşmalar sonucu üründe kalite kayıpları oluşmakta, ürünün raf ömrü kısalarak ekonomik kayıplar meydana gelmektedir. Bu gibi ürünlerin tüketimi sonrasında yalnız ekonomik kayıplar değil aynı zamanda insan sağlığını tehdit eden durumlarda ortaya çıkmaktadır. Güvenli gıda üretimi, gıdaların son tüketim tarihine kadar bozulmadan muhafazasını sağlamayı ve gıdanın tüketimi sonucunda herhangi bir hastalığa neden olmamasını garanti etmeyi hedeflemektedir. Bu hedef ışığında genellikle ısıl pastörizasyon işlemi uygulanmakta ya da koruyucu bileşenlerle gıda daha uzun süre dayandırılmaya çalışılmaktadır. Buna karşın tüketicilerin koruyucu kimyasallara karşı olan temkinli yaklaşımı ve ısıl pastörizasyon uygulamasının, ürün kalitesi ve besin değerinde oluşturduğu bazı olumsuz etkiler ile tüketicilerin her geçen gün daha da az işlem görmüş ürünlere olan artan ilgisi nedeniyle, son yıllarda ısıl işlem gerektirmeyen teknolojiler konusunda tüm dünyada araştırmalar artmıştır. Bu teknolojilere, kesikli ya da sürekli yüksek basınç tekniği (HHP), ozon uygulamaları, elektrolize yükseltgen su (EYS), gamma radyasyon, ultraviyole (UV) ışın, pulsed-UV (vurgulu-UV), vurgulu elektrik alan (pulsed electric field, PEF), klorlama, koruyucu madde ilavesi gibi uygulamalar örnek verilebilir.

Isıl pastörizasyon, süt, dondurma, sıvı yumurta gibi düşük asitli gıdalarda (pH > 4.5) patojen mikroorganizmalardan kaynaklı halk sağlığını etkileyecek mikroorganizmaları en aza

indirerek raf ömrünün birkaç günden birkaç haftaya kadar uzatılmasını sağlayan, meyve suyu gibi asitli gıdalarda ise ($\text{pH} < 4.5$) maya ve küfler gibi bozulma yapan mikroorganizmalara zarar vererek ve/veya enzim inaktivasyonu sağlayarak bu gıdaların raf ömrünü birkaç haftaya kadar uzatan (Fellows 2009), ortamdaki vejetatif hücrelerin çoğunun öldüğü, bazı mikroorganizmaların ısı şoka uğradığı, bakteri sporları ve ısıya dirençli bazı termofilik mikroorganizmaların ise canlılığını koruduğu, $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altındaki sıcaklık değerlerinde uygulanan bir ısı işlemidir (Ünlütürk ve Turantaş 1999). Uygulanan ısı işleme karşın bazı bozulmaya sebep olan bakterilerin ısıya daha dirençli olması ve minimum ısı işlemde hasar görmemesi sebebiyle pastörize süt gibi gıdalar buzdolabı koşullarında depolanmaktadır.

Pastörizasyon uygulaması başta süt ve meyve suları olmak üzere birçok gıdada temel muhafaza yöntemi olarak uygulanmakta ve uygulandığı gıdalarda duyu özelliklerinde ya da besinsel değerlerde bir miktar değişime sebep olmaktadır. Bir gıdaya pastörizasyon işleminin uygulanması kararı verilirken gıdanın pH' sı önem kazanmaktadır. Örneğin asidik gıdalarda patojen mikroorganizmalar gelişemez. Bu nedenle asidik gıdalardaki pastörizasyon işleminde, ısıya dirençli enzimler ya da laktik asit bakterileri, maya ve küfler gibi aside dayanıklı bozulma yapan mikroorganizmalar temel alınmaktadır. Meyveden elde edilen ürünlerde ise pektinesteraz enziminin, ısıya, Gram-pozitif spor oluşturmeyen bakteriler ve mayalardan daha dayanıklı olması nedeniyle bu tip ürünlerdeki pastörizasyon söz konusu enzimin inaktive olması üzerine kurulmuştur. Hedef olarak belirlenen ısıya en dayanıklı enzimin yanı sıra, patojen ya da bozulma yapan mikroorganizmaya göre pastörizasyonun kapsamına karar verilmektedir (Fellows 2009). Özellikle meyve suyu gibi ürünlerde genellikle $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' de 1 dakika boyunca uygulanan pastörizasyon işlemi mikrobiyal inaktivasyonun yanı sıra enzimlerin inaktivasyonunun sağlanması amacıyla da uygulanmakta (Chen ve Wu 1998, Timmermans ve ark. 2011) böylece enzimlerin sebep olabileceği bulanıklık ve esmerleşme gibi kalite kayıplarının da önlenmesi sağlanabilmektedir. Buna karşın portakal, çilek, karpuz gibi birçok meyve suyunda ısı işlem uygulamasının, taze meyve suyu tadında kayıp (Braddock 1999), askorbik asidin parçalanması (Chen ve ark. 1993) ve renk bozulması (Timmermans ve ark. 2011), besinsel kalite ve biyoaktif bileşenlerde azalma (Rawson ve ark. 2011, Santhirasegaram ve ark. 2015) gibi birçok kalite kaybına yol açtığı, bunlara ek olarak kanser, kardiyovasküler rahatsızlıklar, diyabet, viral enfeksiyonlar gibi rahatsızlıkların riskini azaltan polifenoller gibi bileşenlerin biyoyararlılıklarına zarar verdiği (Plaza ve ark. 2006, Agcam ve ark. 2016) dolayısıyla sağlığa yararlılığını da azalttığı bilinmektedir. Bununla birlikte yüksek şeker içeren ya da yüksek viskoziteye sahip dondurma gibi ürünler, süt gibi

minimum şartlarda işlem gören ürünlere kıyasla daha yüksek pastörizasyon süreleri ve sıcaklıkları uygulanma gerekliliği bulunmakta (Fellows 2009), bu da söz konusu gıdalarda besinsel ve duyuşsal kayıplara neden olmaktadır. Bunun yanı sıra, sütte 0.1-2.5 g/kg yağ aralığında, düşük seviyede ve doğal olarak bulunan *trans* yağ asitlerinin özel bir formu olan CLA (Konjuge linoleik asit) ve *trans* izomer oluşumu üzerine de pastörizasyon sıcaklıkları etkili olabilmektedir. Düşük sıcaklık ve uzun süreli uygulanan pastörizasyon işlemi, *trans* izomer oluşumu üzerine UHT yönteminden daha az etkili olmakla birlikte, 95 °C'de 5 dakikalık pastörizasyon şartları *trans* yağ asidi seviyelerini arttırmaktadır (Oğuz 2009). Bu tip süt ürünlerinden yapılan peynir gibi ürünlerin tüketimi ile de alınan *trans* yağ asidi miktarı fazla olmaktadır. *Trans* yağ asitlerindeki değişimin yanı sıra, pastörizasyon işleminin doğal süt lipazını inaktive ederek (Deeth ve Fitz-Gerald 1983, Oğuz 2009) pastörize sütle yapılan peynirlerde serbest yağ asitlerinde azalmaya sebep olduğu belirtilmektedir (Gaya ve ark. 1990, Oğuz 2009). Buna karşın yapılan bir çalışmada, peynir yapımında mikroorganizmaları inaktive etme amaçlı yapılan pastörizasyon işleminin peynirin yağ asidi kompozisyonu üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığı fakat işlemin peynirin tat gibi duyuşsal özellikleri üzerine etkisinin olabileceği vurgulanmıştır (Oğuz 2009).

Anne sütündeki patojenik mikroorganizmaların öldürülmesi amacıyla uygulanan pastörizasyon işlemi genellikle 62.5 °C'de 30 dakika su banyosunda yapılmakta (Updegrave 2005, Moltó-Puigmartí ve ark. 2011) bu sayede anne sütünün daha uzun süre dayanımı sağlanmaktadır. Söz konusu ısıl işlem normlarında yapılan pastörizasyon işlemi, anne sütündeki IgA, IgM, IgG, laktoferrin, oligoelementler gibi biyokimyasal bileşenler ile bazı vitaminlerin parçalanmasına bununla birlikte antioksidan kapasitede azalmaya sebep olabilmektedir (Moltó-Puigmartí ve ark. 2011). Pastörizasyonun anne sütündeki bu etkilerini telafi etmek amacıyla da özellikle erken doğan ya da hasta bebeklerin beslenmesi amacıyla kullanılacaksa, pastörize anne sütünün multi besin öğeleri tarafından güçlendirilmesi önerilmektedir.

Yukarıda sözü geçen olumsuzluklara karşın bitkisel ve hayvansal pigmentler pastörizasyon işleminden en az şekilde etkilenmektedir (Fellows 2009).

Pastörizasyon öncesi oksijenin uzaklaştırılmasının, meyve sularındaki esmerleşmenin önlenmesi amacıyla uygulanması tavsiye edilmesine rağmen Talcott ve ark. (2003), oksijenden bağımsız reaksiyonların pastörize edilmiş çarkıfelek meyvesi suyunun

depolanması süresince esmerleşmeye neden olduğunu rapor etmişlerdir (Fellows 2009). Pastörizasyon fizikokimyasal özelliklerde minimum değişimlere sebep olsa da, esmerleşme sorunu ve 5-hidroksimetilfurfural (HMF) oluşumu gibi sorunlar, uygulanan sıcaklığa bağlı olarak ürünün depolanması sırasında da ortaya çıkabilmektedir. Pastörizasyon işlemi boyunca, meyve sularında bulunan uçucu aroma bileşenlerinde kayıp yaşanması da meyve sularının kalitesini olumsuz yönde etkilemekte, uygulanan ısı işlemin şiddetine bağlı olarak üründe pişmiş aroma oluşumuna neden olabilmektedir. Her ne kadar bu şekilde aroma kaybı oluşmuş meyve sularına, uçucu bileşenlerin sonradan ilavesi ile kaybedilen aroma özelliklerinin yeniden kazandırılması mümkün olsa da yüksek maliyet sebebiyle bu yöntem sıklıkla başvurulmamaktadır. Çiğ sütteki uçucu bileşenlerin pastörizasyon işlemi ile uzaklaşması sonucunda otumsu lezzet uzaklaşmakta ve ürün daha tatsız bir hal almaktadır. Vitaminler, polifenoller, karotenoidler, glukozinolatlar, amino asitler gibi ısıya karşı hassasiyeti olan biyomolekülleri içermeleri nedeniyle özellikle her sıvı gıda ürünü, pastörizasyon işlemini tolare edemez (Mazza ve Brouillard 1990). Pastörizasyon işlemi ile tiaminde % 7, C vitamininde % 20- 25, folat, vitamin B12 ve riboflavinde % 0-10, serum proteinlerinde ise % 5'lik bir kayıp oluşmaktadır (Varnam ve Sutherland 2001, Gillis 2005, Fellows 2009). Portakal suyuna uygulanan 90 °C'de 20 saniyelik pastörizasyon işleminin taze portakal suyunun karotenoid içeriğinde, % 12.6'lık bir azalma meydana getirdiği rapor edilmiştir (Cortes ve ark. 2006, Çelik 2014).

Membran teknolojisini kullanarak yapılan düşük sıcaklıktaki pastörizasyon işlemi ile elektrik arkları, yüksek basınç ve vurgulu elektrik alan, ultrason gibi ısı olmayan işlemlerin birlikte kullanımı, gün geçtikçe ısı işlemlerin yerini almaya başlamakta ve bu şekilde organoleptik ve besinsel özelliklerdeki değişimler azaltılmaya çalışılmaktadır. Süt, meyve suyu, şarap ve diğer gıdaların yüksek basınçla pastörize edilmesi üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Bu yöntemle yüksek oranda enzim inaktivasyonu ile renk ve aroma değişikliklerinde elde edilen azalma miktarı ile kıyaslandığında daha yüksek oranda mikrobiyal inaktivasyon oranları elde edilmiştir. Ticari olarak reçel ve diğer meyve ürünlerinde bu tip kombinasyon halinde kullanılan yöntemler uygulanmakta fakat süt gibi ürünlerin pastörizasyonunda ticari ölçekte kullanılabilmesi için ileriki çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Fellows 2009).

Isıl olmayan işlemlerden vurgulu elektrik alan (Atımlı elektrik alan) ile 90 °C'de 30 saniye uygulanan ısı pastörizasyon işleminin, elma suyunun kalite özellikleri üzerine

etkilerinin kıyaslandığı bir araştırmada, vurgulu elektrik alanın elma suyunda mikrobiyal inaktivasyonda başarısı kanıtlanmış bunun yanı sıra elma suyunun renk ve aromadan sorumlu uçucu bileşenlerinin çoğu korunurken ısı pastörizasyonun, meyve suyunun fenolik madde ve aromadan sorumlu uçucu bileşenlerinde önemli derecede kayba neden olduğu saptanmıştır (Çelik 2014).

Literatür verileri ışığında, ısı işlemlerin gıdanın kalitesinde yarattığı olumsuzluklar ve tüketicilerin gıdanın taze haline en yakın şekliyle tüketimine olan talebindeki artış, ısı olmayan işlemlere olan eğilimi giderek arttırmaktadır.

UV-C işlemi ve ısı pastörizasyonun mango suyunun kalitesi üzerine etkilerinin kıyaslandığı bir çalışmada, birçoğunun antioksidan aktiviteye sahip olduğu bilinen, elajik asit, gallik asit, kuersetin, kateşin, epikateşin, klorojenik asit, mangiferin ve kaempferol gibi fenolik bileşikler içeren mango suyunun petri kaplarında 3.525 J/m^2 UV ışına maruz bırakılması ve cam tüplerde $90 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 1 dakika pastörize edilmesi sonucunda her iki uygulama ile mango sularında bulunan koliform bakteri sayısının saptanma limitinin altına indiği belirlenmiştir (Santhirasegaram ve ark. 2015). Farklı süreler boyunca uygulanan UV-C ışınlama sonucunda toplam aerobik bakteri sayısı ve maya-küf sayılarında sırasıyla en yüksek % 45 ve % 32 lik bir azalma sağlanmış buna karşın pastörizasyonda % 100 lük bir inaktivasyona ulaşılmıştır. HMF miktarları kıyaslandığında en yüksek HMF miktarının ısı işlemde olduğu, UV uygulamasının ise HMF miktarında önemli bir değişime neden olmadığı saptanmıştır. Toplam fenolik bileşen miktarı ve toplam flavonoid miktarlarında en düşük sonuç ısı işlem görmüş meyve suyunda elde edilirken en yüksek miktarlar UV uygulamasında saptanmıştır. Askorbik asit içerikleri kıyaslandığında her iki uygulamada da askorbik asit içeriği azalarak en düşük değişim % 12-15 lik azalma ile UV uygulanmış mango sularında gerçekleşmiş ve askorbik asit en fazla ısı işleminden etkilenmiştir. Meyve sularının antioksidan kapasiteleri kıyaslandığında UV uygulamasının pastörizasyona kıyasla antioksidan kapasitede artışa neden olduğu saptanmıştır. 5 haftalık depolama sonucunda ısı işlem gören üründe mikrobiyal gelişim gözlenmezken, kontrol örneğine kıyasla UV uygulanmış meyve sularının raf ömrünün mikrobiyal limitler göz önüne alındığında en az 4 hafta uzadığı bildirilmiştir (Santhirasegaram ve ark. 2015). Çalışma genel anlamda değerlendirildiğinde, UV ışınlama işleminin, mango sularında mikrobiyal inaktivasyon dışındaki özellikler bakımından ısı pastörizasyona kıyasla olumlu ve üstün sonuçlar meydana

getirdiği ve mango sularının besinsel özelliklerinde daha az değişime neden olduğu saptanmıştır.

Portakal suyunun ılımlı pastörizasyonunun amaçlandığı bir çalışmada, yüksek basınç ve vurgulu elektrik alan işlemlerinin ılımlı ısıl işlem ile birlikte kullanımının, meyve suyunun mikrobiyolojik yükü ve kalite özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. 72 °C’de 20 saniye ılımlı ısıl işlem ile muamele edilen meyve sularının en dayanıklı ürünler olduğu, tüm işlemlerin (ılımlı ısıl işlem, yüksek basınç, vurgulu elektrik alan) ham meyve suyundaki 10^3 - 10^8 kob/ml olan toplam aerobik bakteri sayısı ile 10^3 - 10^5 kob/ml arasında bulunan maya-küf sayısını saptanma limitlerinin altına indirdiği belirtilmiştir. Isıl işlem ve vurgulu elektrik alan uygulamasının ürünün L^* , a^* ve b^* değerlerinde değişikliğe neden olduğu ve ısıl işlem gören üründe sarı rengin arttığı, kırmızılığın azaldığı ve daha açık renkli bir ürün elde edildiği vurgulanmıştır (Timmermans ve ark. 2011).

Gıda ışınlama, gamma ışınları, X-ışınları ve hızlandırılmış elektronlar olmak üzere üç kaynaktan oluşan, mikroorganizmaların DNA (deoksiribonükleik asit) yapılarına zarar vererek mikrobiyal faaliyetlerini kısıtlayan bunun yanı sıra çürüme, bozulma, filizlenme veya ileri olgunlaşmayı önleyici, paraziter bulaşma ve hastalıkları engelleyici, gıdalarda koruyucu kimyasal kullanımını azaltıcı/ortadan kaldıracı etkileri bulunan iyonize edici radyasyon olup işlem sırasında gıdanın ısısında önemli bir artış oluşturmaması sebebiyle ısıl olmayan bir işlem olarak tanımlanmaktadır (Baysal ve İçier 2012). Gıda maddelerinin mikroorganizmalardan arındırılması (dekontaminasyon), korunması ve patojen mikroorganizma barındırmayan gıdaların üretimi amacıyla kullanılan gamma radyasyon, başta bakteri, maya ve küfler olmak üzere gıdaları bozucu etkisi bulunan mikroorganizmaların inaktivasyonunun yanı sıra depolama sırasında gıdanın kalitesini düşüren kurt ve böcekler gibi zararlılara karşıda etkili bir yöntemdir (OMS 1989, Rustom 1997, Braghini ve ark. 2009). Buna ek olarak gamma radyasyonun, etin yumuşatılması, kahvenin kavrulması ve endüstriyel steril ürünlerin eldesi gibi birçok farklı uygulama alanı da bulunmaktadır (Vazgeçer 1998).

Radyoaktif izotopların kararsız ve rastgele parçalanmaları sonrasında kararlı hale geçmek için yayınladıkları üç radyasyondan biri olan gamma ışınları, yüksek giricilik özellikleri nedeniyle gıda ışınlamada kullanılan tek iyonize radyasyon türüdür. Işınlamanın amacı ve ışınlanan gıdanın çeşidine göre değişmekle birlikte gamma ışınlamada radyasyon kaynağı olarak Kobalt-60 (Co-60) ve Sezyum-137 (Cs-137) radyoizotopları kullanılmaktadır.

Işınlama işleminin etkinliğinin belirlenmesinde, ışınlanan madde tarafından absorbe edilen radyasyon enerjisinin miktarı (doz) ölçü olarak alınmakta ve gray (Gy) olarak ifade edilmektedir. Bir gray, ışınlanan 1 kg madde tarafından absorbe edilen 1 joule lük enerji miktarına eşittir. Gıdalarda uygulanabilecek ve uygulandığı gıdada “besinsel ve mikrobiyolojik problemler ve toksik etkilere yol açmayacak” en yüksek ortalama doz, 10.000 Gy (10 kGy) i geçemez (Anonim 1977, Anonim 1981, Anonim 1999b, Fellows 2009, Baysal ve İçier 2012). Işınlama ile gıdalarda oluşan ve genellikle çok kısa ömürlü ($<10^{-5}$ s) olan serbest radikaller ve söz konusu radikallerin daha ileri reaksiyonları sonucu oluşan reaktif iyonlar, metabolik enzim aktivitesi ve hücre membranının yapısını değiştirmek suretiyle mikroorganizmaları hızlı bir şekilde öldürmekte ya da zarar vermektedir. Bununla birlikte daha da önemli bir diğer etki, radyolitlerin, hücre çekirdeğinde bulunan gelişim ve replikasyondan sorumlu DNA ve RNA üzerine olan etkileridir. Işınlamadan çok kısa bir süre sonra, DNA veya RNA'nın çift sarmal yapısının açılması ve hücrenin üreme yeteneğini kaybetmesi sonucunda ışınlamanın etkileri ortaya çıkmaktadır (Fellows 2009). Işınlamanın hücreler üzerinde oluşturduğu tahribat, ışınlama sonucu oluşan ve DNA ile etkileşime giren iyonların çeşidine göre değişmektedir. Virüsler, radyasyona oldukça dayanıklıdır ve ticari olarak kullanılan limitlerde radyasyondan etkilenmemektedir. *Clostridium botulinum* ve *Bacillus cereus* gibi spor oluşturan bakteriler ile *Deionococcus radiodurans* gibi DNA hasarını onarabilen bakteriler, vejetatif hücreler ve spor oluşturmeyen bakterilere kıyasla radyasyona daha dirençli, *Salmonella* spp. ve *Shigella* spp. gibi patojenler ve *Pseudomonas* gibi bozulma yapan Gram-negatif bakteriler ise, Gram-pozitif bakterilere kıyasla daha hassastırlar (Tucker 2007, Fellows 2009). *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* ve *Campylobacter* türleri gibi patojenler, diğer mikroorganizmalara kıyasla radyasyona karşı daha hassas olup 0.5 kGy ya da daha az seviyedeki ışın dozları dahi, kümes hayvanları ya da sığır etlerindeki popülasyonu % 90 oranında azaltmakta, düşük sıcaklıklarda gelişebilen *Listeria* ve *Aeromonas* türleri de yine benzer radyasyon dozlarında öldürülmektedir (Patterson 1990, Tucker 2007). Küflerin radyasyon hassasiyetleri vejetatif bakterilerle benzerlik göstermektedir, mayalar ise radyasyona küflerden daha dayanıklıdır (Tucker 2007). Mayalar için öldürücü ışın dozu 4.65- 20 kGy, küfler için ise 2.4-6.0 arasındadır (Anonim 1982, Özbilgin ve Acar 1988).

Buna karşın, literatürde tavsiye edilen dozlarda uygulanan radyasyonun gıdadaki makro besin elementleri üzerinde çok küçük bir değişime neden olduğu belirtilmektedir (Braghini ve ark. 2009, Fellows 2009). Işınlama sonrasında proteinlerin sindirilebilirliği ve

esansiyel aminoasitlerin bileşimi büyük ölçüde aynı kalmaktadır. Sülfür içeren aminoasitler radyasyona karşı daha hassas olmakla birlikte, yüksek radyasyon dozlarında, sülfür içeren aminoasitlerde sülfidril grubunun parçalanması sonucu başta süt ve süt ürünleri olmak üzere gıdanın aroma ve lezzetinde bazı değişimler ortaya çıkmaktadır (Tucker 2007, Fellows 2009). Süt ve ürünlerinde ışınlama uygulaması 0.5 kGy gibi çok düşük dozlarda dahi oluşan arzu edilmeyen tat nedeniyle genellikle tavsiye edilmemektedir (Tucker 2007). Uygulanan doza bağlı olarak karbonhidratlar hidrolize uğramakta ve daha basit bileşenlere okside olmaktadır. Işınlama ile pektin, nişasta, selüloz ve gamlar gibi yüksek molekül ağırlıklı karbonhidratları içeren gıdaların, viskozite, tekstür, çözünübilirlik gibi bazı fiziksel özellikleri büyük ölçüde etkilenmekte ve gıdanın fonksiyonelliği değişmektedir. Yine de, karbonhidratların yararışlılık derecesinde bir değişim olmamakta dolayısıyla besin değerinde bir azalma meydana gelmemektedir. Yüksek yağ içeriğine sahip gıdalar, otooksidasyon sonucu oluşan hidroperoksitlerin neden olduğu arzu edilmeyen aroma ve koku sebebiyle genellikle radyasyon işlemine uygun değildirler (Diehl 1995, Venugopal 1999, Ehlermann 2002, Fellows 2009). Radyasyon uygulaması sonucu oluşabilecek vitamin kayıpları uygulanan doza, oksijen kısmi basıncına ve gıdanın bileşimine bağlı olmakla birlikte oldukça düşüktür (Grandison 1996, Tucker 2007). Suda çözünen vitaminlerden vitamin B₁, yağda çözünen vitaminlerden ise vitamin E radyasyona karşı en hassas vitaminlerdir. Suda ve yağda çözünen vitaminlerin radyasyona hassasiyeti sırasıyla vitamin B₁, askorbik asit, pridoksin, riboflavin, folik asit, kobalamin, nikotik asit ve vitamin E, karoten, vitamin A, vitamin D ve vitamin K olarak rapor edilmiştir (Anonim 1994, Fellows 2009). Bununla birlikte vitamin B₁ 'in ısıya hassasiyeti radyasyona karşı hassasiyetinden fazladır (Tucker 2007). Tüm bu bilgiler ışığında ortaya konulan genel yargı, ticari dozlardaki radyasyon uygulamalarının, gıdanın besinsel kalitesine, pişirme, dondurma ve konserveleme gibi koruyucu gıda işleme metotlarından daha büyük bir zarar vermediği yönündedir.

Radyasyonun absorblanan enerjisinin çoğunun, serbest radikal oluşumu, radikaller arası veya radikaller ile diğer moleküller arası kimyasal reaksiyonlarda kullanılması ile enerjinin çok küçük bir kısmının ısı enerjisine dönüşmesi sonucu gıdada kayda değer bir ısı artışı yaratmaması, gamma ışınlamanın, pastörizasyon, sterilizasyon gibi işlemlere karşı en önemli üstünlüğü olarak ortaya çıkmaktadır (Vazgeçer 1998). 4 kGy dozdaki bir ışınlama uygulaması için üründe yaklaşık 1 °C lik ısı artışı olduğu bildirilmiştir (Fellows 2009). Bunun yanı sıra, bazı geleneksel yöntemlere göre enerji ihtiyacının düşük olması, işlemin bilinen bir kimyasal kalıntı bırakmaması, uygulanan radyasyonun gıdayı radyoaktif düzeye getirmemesi,

polivinilklorür (PVC) bazlı plastik ve aseptik ambalajlama makinalarında kullanılan esnek ambalaj materyalleri gibi ısı hassasiyeti bulunan ambalaj materyallerinin oda sıcaklığında sterilizasyonunun sağlanması, önceden paketlenmiş ürünlere uygulanabilmesi ile yeniden bulaşı (rekontaminasyon) riskinin ortadan kaldırılması, gıdayı sahip olduğu mikrofloradan arındırırken temel özelliklerine zarar vermemesi, uçucu yağlarda miktar ve bileşim yönünden, renk, koku ve lezzet gibi duyuşsal özellikler ile besinsel özelliklerinde önemli değişiklikler meydana getirmemesi, yüksek penetrasyon özelliği sayesinde derinliği fazla olan gıdalarda da etkinliğinin yüksek olması gibi avantajları da bulunmaktadır (Vazgeçer 1998, Tevari ve Juneja 2007, Fellows 2009, Baysal ve İçier 2012). Yatırım maliyetinin yüksek olması, gıdada sağladığı mikrobiyal inaktivasyona rağmen toksinleri yok etmemesi, mikroorganizmaların radyasyona karşı direnç geliştirme olasılığı, sağlık üzerine yan etkileri olabilecek serbest radikaller gibi radyolitik ürünlerin oluşumu (benzer serbest radikaller enzim aktivitesi, yağ ve yağ asitlerinin oksidasyonu, yağda çözünen vitamin ve pigmentlerin parçalanması gibi reaksiyonlar sonucunda ışınlanmamış gıdalar ile pastörizasyon, pişirme, haşlama, fırınlama, kızartma gibi işlemlerde de ortaya çıkmaktadır) ve en önemlisi toplumda ışınlanmış gıdaların radyoaktivitesine yönelik olumsuz yargı ışınlanmanın dezavantajları olarak görülmektedir (Fellows 2009, Baysal ve İçier 2012).

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Uluslararası Atom Enerjisi Komisyonu (IAEA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün 1980 yılında ortaklaşa oluşturduğu Uzmanlar Komitesi, ışınlanmış gıdalar ile ilgili yapılan çalışma ve projeleri değerlendirerek ortalama 10 kGy dozda ışınlanmış gıdaların insan sağlığı için risk oluşturmayacağı yönünde görüş bildirmiştir (Vazgeçer 1998). Ülkemiz gıda ışınlama yönetmeliğinde de, benzer bir ifade ile 10 kGy veya daha az bir genel ortalama soğurulan doz ile işlem görmüş gıdaların sağlık yönünden güvenli oldukları belirtilmektedir. Yönetmelikte taze meyve ve sebzelerin raf ömrünün uzatılması amacıyla uygulanan maksimum doz 2,5 kGy iken kurutulmuş meyveler için ise bu değer 5 kGy olarak belirtilmiştir. Gıda gruplarında izin verilen gıdalar arasında hububat, kabuklu yemişler, yağlı yohumlar, baklagiller, kökler ve yumrular, çiğ balık, kabuklu deniz hayvanları, kanatlı hayvan ürünleri, kırmızı et, kurutulmuş sebzeler, baharatlar, kuru aromatik bitkiler, otlar, bitkisel çaylar ve hayvansal orijinli gıdalara izin verilmiş buna karşın sıvı gıda gruplarından, ışınlanmasına izin verilen bir ürün belirtilmemiştir (Anonim 1999b).

On farklı meyve çeşidinden izole edilen *Aspergillus* ve *Penicillium* cinslerini de içeren farklı küfler üzerine gamma radyasyonun etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada,

1.5 ve 3.5 kGy dozlarda uygulanan gamma radyasyonun işlem uygulanmayan meyvelere kıyasla toplam küf sayısında önemli bir azalma meydana getirdiği, bu azalmanın üzümde 1.5 ve 3.5 kGy dozlar için sırasıyla 2.05 ve 3.37 log₁₀ kob/g olduğu rapor edilmiştir (Aziz ve Moussa 2002).

Margarinden izole edilen ısıya dirençli iki küf türü olan *Aspergillus fumigatus* ve *Paecilomyces variotii*'ye uygulanan 4 farklı gamma ışın dozunun (1, 3, 5, 7 kGy) etkinliğinin belirlendiği çalışmada, dozun artmasıyla küf sayısında önemli bir azalma saptandığı rapor edilmiş bununla birlikte yüksek küf sporu içeren örnekler için daha yüksek dozlarda uygulama gerekliliği vurgulanmıştır (Gümüş ve ark. 2008). 2 log spor içeren *A. fumigatus* dilüsyonunda tamamen inaktivasyon sağlamak için 3 kGy radyasyon dozu yeterli olurken, 3-4 log aralığı için 5 kGy, 5-7 log için ise 7 kGy doz gerektiği rapor edilmiştir. *P. variotti* için ise, 6 log spor içeren örnek için 5 kGy, 2 log içeren örnek için ise 1 kGy dozun gerekli olduğu saptanmıştır.

Gamma radyasyonun *Aspergillus flavus* ve *A. ochraceus* ile aflatoksin B₁ ve okratoksin A üretimi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ışınlamanın küf morfolojisinde bazı küçük değişimlere neden olduğu, hücre duvarında bazı ultrayapısal değişiklikler gözlemlendiği buna rağmen 2 kGy dozdaki gamma radyasyon uygulamasının toksijenik *Aspergillus* türlerini tamamen öldürmekte yeterli olmadığı aksine uygun şartlarda depolanmadığı takdirde bu dozda bir uygulamanın küfün mikotoksin üretim yeteneğini arttırdığı rapor edilmiştir (Ribeiro ve ark. 2011). Gamma radyasyonun toksijenik küflerin mikotoksin üretimine başlamadan önceki aşamada inhibisyonunda etkin bir yöntem olduğu (Refai ve ark. 1996, Ribeiro ve ark. 2011) ancak stres koşullarının küflerin mikotoksin üretimini arttırabileceği ve gamma ışınlamanında küflerin artan stres durumuna bağlı olarak mikotoksin üretimini arttığı görülmüştür.

Bazı tahıl ve tohumlara (ayçiçeği çekirdeği, mısır, buğday ve pirinç) inokule edilen *Alternaria alternata*'nın gelişimine gamma radyasyonun etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, örneklerde farklı dozlarda (2, 5 ve 10 kGy) radyasyon uygulanmış ve 5 kGy dozdaki iyonize radyasyonun *A. alternata* gelişimini azaltmada etkili olduğu ancak tüm tahıl ve tohumlarda fungal gelişimin tamamen inhibe edilebilmesi için 10 kGy dozun gerekli olduğu rapor edilmiştir (Braghini ve ark. 2009). Buna benzer bir çalışmada mısır örneklerinde *Fusarium verticillioides* incelenmiş ve 5 kGy iyonize radyasyon uygulaması sonucu örneklerde % 80

'lik bir azalma sağlanmış ve 10 kGy dozda mısır örneklerinde küf yükü tamamen inhibe edilmiştir.

Üç farklı gamma radyasyon dozunun (2, 5, 10 kGy) *Alternaria alternata* sporu inokule edilen tahıl örnekleri üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada, 5 kGy iyonize radyasyon dozunun mikroorganizma gelişimini azaltıcı etkisinin olduğu buna karşın fungal gelişiminin tamamen engellenmesi için 10 kGy radyasyon dozuna ihtiyaç duyulduğu saptanmıştır (Braghini ve ark. 2009).

Gamma ve UV-B radyasyonun bitkilerdeki hücre duvarı ve plastidlerdeki yapısal ve biyokimyasal değişimler üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, gamma ışınlarının, poligalakturonaz ve pektin metil esteraz enzim aktivitelerini arttırıcı etkisi sonucu pektinin parçalanması ve ışının hücre duvarı orta katmanında yarattığı bozulma nedeniyle meyvenin yumuşamasını hızlandırdığı belirtilmiştir. Buna karşın karotenoid, flavonoid gibi pigmentlerin, bitki hücrelerini UV-B ve gamma radyasyona karşı koruduğunu rapor etmişlerdir (Kovacs ve Keresztes 2002). Kim ve Yook (2009), gamma ışınlamanın, yüksek C vitamini ve antioksidan kapasitesi ile ön plana çıkan kivi meyvesinin mikrobiyal ve fizikokimyasal kalite özellikleri üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, benzer şekilde ışınlanmış meyvelerin ışınlanmamış gruba kıyasla daha yumuşak olduğunu gözlemlemişlerdir. Meyvede depolama sırasında çürüme ve dolayısıyla ekonomik kayba yol açan başlıca fungal patojenlerden *Botryosphaeria dothidea*, *Botrytis cinerea* ve *Diaporthe actinidiae*'nin uygulanan radyasyon ile inaktive edildiği, meyvelerin, renk ve organik asit içeriğinin radyasyondan minimum düzeyde etkilendiği, radyasyon dozundaki artışla birlikte toplam çözünebilir katı miktarında düşüş gözlemlendiği, 3 kGy doza kadar yapılan ışınlamanın, meyvelerin, vitamin C ve antioksidan özellikleri üzerine negatif yönde etkisinin olduğu buna karşın duyu kalitesine katkıda bulunduğu rapor edilmiştir. C vitamininde radyasyon uygulaması ile birlikte meydana gelen azalma kivi nektarı ile yapılan ışınlama uygulamasında da saptanmıştır (Harder ve ark. 2009). Söz konusu çalışmada, ışınlanmış örneklerin renk ve duyu özelliklerinde önemli bir değişim olmadığı saptanmıştır.

Gamma radyasyonun ananasların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada, önceki çalışmanın aksine çözünebilir katı madde miktarında ışınlanmamış örneklere göre artış gözlenmiştir. Işınlama sonucu protopektinin çözünürlüğü

fazla olan pektine dönüşmesi ile oluşan polimer zincirindeki bozulma nedeniyle önceki çalışmalara paralel şekilde yapıda yumuşama saptanmıştır (Perecin ve ark. 2011).

Gamma radyasyonun yemeklik baklagillerde kuru ve yaş pişirme sürelerini önemli ölçüde azalttığı ve doz artışına paralel bir azalma meydana geldiği rapor edilmiştir. (Köksel ve Çelik 2001).

Gamma radyasyonun mango suyunun fizikokimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, farklı mango çeşitlerinde doz artışı ile birlikte meyve suyu veriminin arttığı rapor edilmiştir. Bunun yanı sıra, ışınlamanın meyvedeki toplam çözünebilir katı ve organik asit miktarları ile toplam şeker miktarı üzerine önemli bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Renk değerleri incelendiğinde, kontrol örneğinin ışınlanmış örneklerle kıyasla daha koyu renkli olduğu vurgulanmıştır. Toplam mezofilik aerobik bakteri ve maya-küf sayıları değerlendirildiğinde, 0.5 kGy ve üzerinde mikrobiyal inaktivasyon sağlandığı, 3 kGy dozda ise sırasıyla $7.2 \cdot 10^5$ ve $2.7 \cdot 10^3$ kob/ml lik azalma ile mikroorganizmaların tamamen yok edildiği belirtilmiştir (Naresh ve ark. 2015).

Gamma radyasyon uygulanmış vişne sularında benzer özelliklerin incelendiği bir çalışmada mango suyundaki sonuçlara benzer şekilde toplam çözünebilir katı miktarlarında önemli bir artış gözlenmemiştir. Işınlanmış örneklerde büyük ölçüde vişnenin renginden sorumlu toplam monomerik antosiyanin miktarı ve antioksidan aktivitede önemli ($p < 0.05$) bir düşüş gözlenmiş, fenolik madde miktarında önceki çalışmalara benzer şekilde önemli bir değişim saptanmamıştır. Tüm radyasyon dozlarında mikrobiyal inaktivasyon sağlanmış, 3 kGy ve üzerinde mikrobiyal yük tamamen yok edilmiştir. Ancak fizikokimyasal özellikler, antioksidan aktivite ve mikrobiyal analizler bütün olarak değerlendirildiğinde vişne sularında 3 kGy den daha yüksek ışın dozları, araştırmacılar tarafından tavsiye edilmemiştir (Arjeh ve ark. 2015).

Melek otu ve karalahana bitkilerinden elde edilen sebze sularına, 5 kGy' e kadar uygulanan 3 farklı gamma radyasyon dozu sonrasında, sebze sularının doğal mikroorganizma yükü, kimyasal ve duyuşsal özelliklerindeki değişimlerin incelendiği çalışmada, en yüksek dozun 2 \log_{10} tan fazla bir azalma sağlayarak tüm mikroorganizmaların inaktivasyonunun sağlandığı, 1 kGy den sonraki dozlarda, uygulanan doza bağlı olarak askorbik asit miktarının azaldığı, buna karşın flavonoid içeriğinin değişmediği, polifenollerin ışınlama ile artış

gösterdiği ve önceki çalışmalarda radyasyonla istenmeyen aroma ve kokunun oluştuğu yönündeki sonuçların tersine, duyuşal değerlendirmede ışınlanmış ürünlerin kabul edilebilirliğinin kontrole göre fazla olduğu rapor edilmiştir (Jo ve ark. 2012). Araştırmacılar, taze sebze suları ile yaptıkları çalışma sonucu elde ettikleri verilere dayanarak taze sebze sularının, duyuşal özelliklerinde bir değişim yaratmadan gamma ışınlama ile steril hale getirilebileceğini ve pastörizasyon işlemine alternatif oluşturabileceğini vurgulamışlardır.

Foley ve ark. (2002), yaptıkları çalışmada, klorlama ve gamma ışını uygulamasının dilimlenmiş maruldaki *Escherichia coli* O157:H7 'nin azalmasına etkisini araştırmışlardır. Marullar, *E.coli* O157:H7 ile 10^7 kob/g olacak şekilde inokule edilmiş ve 200 µg/ml klorlamanın ardından marullar, 0.15; 0.38 ve 0.55 kGy dozlarında ışınlanmıştır. Klorlama ile birlikte yapılan 0.55 kGy'lik radyasyon uygulaması ile *E.coli* O157:H7'de 5.4 log, tek başına klorlama yapılan örneklerde ise 1-2 log'luk azalma sağlanmıştır.

Mikroorganizmaların yüksek enerjili radyasyona olan duyarlılıkları, genellikle farklı tür, cins ve çeşitlere göre değişmekle birlikte radyasyona verilen cevaplar sıcaklık, oksijen, ortamdaki su miktarı ve çözünebilir kimyasal ajanların varlığı gibi çevresel faktörlere bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Virüsler, bakterilere göre radyasyona daha dayanıklı olarak kabul edilmektedir. Tek iplikli basit virüsler, çift iplikli kompleks yapıları olanlarına göre radyasyona karşı daha hassastır. Bakteriler ise virüslere kıyasla daha karmaşık bir yapı göstermektedir. Vejetatif hücreler arasında Gram negatif bakteriler, Gram pozitif olanlara kıyasla radyasyona karşı daha hassastır. Bakteriyel sporlar, vejetatif türlere göre oldukça dayanıklı olmakla birlikte anaerobik *Clostridium* gibi spor oluşturan bakterilerin, aerobik *Bacillus* gibi spor oluşturanlara kıyasla radyasyona direnci daha üstündür. Farklı mikroorganizmaların farklı radyasyon dirençleri olmakla birlikte buldukları ortam da radyasyona olan hassasiyetlerini etkilemektedir. Radyasyona karşı en dayanıklı olarak bilinen mikroorganizma, ışınlanmış etten izole edilen *Micrococcus radiodurans* 'tır ve D_{10} değeri 10 kGy'e ulaşmaktadır. Fungusların radyasyonla inaktivasyonu ile ilgili yapılan çalışmaların çoğu aseksüel sporları üzerine yoğunlaşmıştır. Çimlenen sporlar, miseller ve diğer fungal morfolojik yapılar, farklı radyasyon tepkilerine sahip olabilmektedir. Fungusların radyasyona karşı olan duyarlılığı yalnızca genetik faktörlere bağlı olmamakta aynı zamanda bir sporun içerisindeki hücre sayısı, her bir hücrenin içerisinde bulunan çekirdekler ile de ilişkili olmaktadır. Haploid maya hücreleri diploid olanlara göre radyasyona karşı daha hassastır. Mayaların da en az spor oluşturmayan bakteriler kadar radyasyona karşı hassas olduğu

belirtilmektedir. Literatürde mikroorganizmaların radyasyona karşı dirençleri ile ilgili çok geniş bir araştırma ağı olmasına karşın bu verilerin çoğunun farklı deneysel koşullarda gerçekleştirilmesi bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Mikroorganizmaların gerçek radyasyon hassasiyetlerine çevresel etmenlerinde fazlasıyla etki etmesi nedeniyle veriler arasında başarılı ve gerçekçi bir karşılaştırma yapmak oldukça güçtür (Gazso ve Ponta, 2005).

Ultraviöle ışın (UV), 100-400 nm arasındaki görünür bölge ile X-ışınları arasındaki elektromanyetik spektrumu kapsayan, uzun dalga UV (UVA, 320-400 nm), orta dalga UV (UVB, 280-320 nm) ve kısa dalga UV (gerimisidal UV, UVC, 200-280 nm) olmak üzere 3 gruba ayrılan (Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas 2004), 100-200 nm dalga boyu aralığı ise Vakum UV olarak adlandırılan (Baysal ve İçier 2012) iyonize olmayan radyasyon türüdür. Ultraviöle (UV) ışınlama yöntemi, ucuz ve birçok mikroorganizma üzerinde etkili bir yöntem olması nedeniyle su, hava, gıda hazırlama yüzeyleri, gıda ambalajları (Wang ve ark. 2005, Allende ve ark. 2006) ve sebzelerin yüzey dezenfeksiyonu ile (Marquenie ve ark. 2002, Allende ve ark. 2006) kırmızı et ve ürünleri, kanatlı etleri ve su ürünlerinin işlenmesinde patojen mikroorganizmaların inaktivasyonu (Ünlütürk ve ark. 2008) gibi geniş bir antimikrobiyal uygulama alanına sahiptir. Bunun yanı sıra portakal suyu işleme de ısıya dirençli mayalar, küfler, *Bacillus subtilis* ve *Bacillus pumilis* sporları ile (Tran ve Farid 2004) süt ve meyve sularının pastörizasyonunda (Koutchma ve ark. 2004, Ünlütürk ve ark. 2008) ve pompalanabilir meyve-sebze ürünlerinde ve meyve sularında da (Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas 2004) başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. UV-C ışınlamanın, virüsler, vejetatif bakteriler, bakteri sporları, mayalar, konidia ve parazitler gibi birçok mikroorganizma üzerinde geniş bir inaktivasyon etkisi bulunmaktadır. Bununla birlikte, UV-C ışının etkisi, türler-arası, türler-içi, suşlar, buldukları ortam, yoğunluk ve hatta büyüklüklerine göre bile değişiklik gösterebilmektedir (Shah ve ark. 2016).

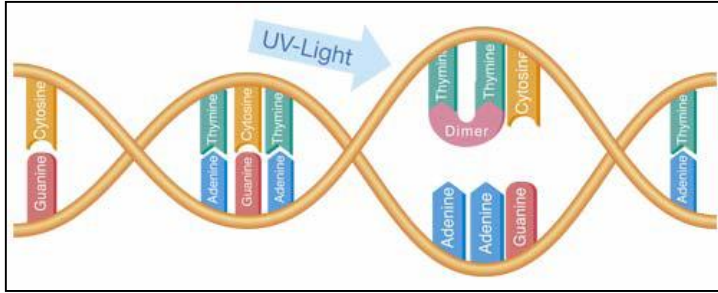
Temel UV-C ışınlama mekanizması, direk meydana gelen reaksiyonlar ile ışığa hassasiyeti arttırmak suretiyle tetiklenen fotokimyasal reaksiyonları içermektedir. Direk reaksiyonların kapsamı, foton absorblayan bir molekülün kimyasal reaksiyonlar üreterek mevcut durumunu değiştirmesi, kimyasal reaksiyonların boyutu, kuantum verimi ve söz konusu fotonların akıcılığına göre değişmektedir. 253.7 nm dalga boyundaki UV-C ışını 112.8 kcal/Einstein radyant enerji içermekte, bu enerji miktarında teorik olarak O-H, C-C, C-H, C-N, H-N ve S-S bağlarına etki etme olasılığı bulunmaktadır. İkinci etki olan ışığa duyarlılık kazanma durumunun en yaygın reaksiyonu ise foto-oksidasyon olarak

belirtilmektedir (Shah ve ark. 2016). 253.7 nm dalga boyu, aromatik-halka ve çift-halkalı moleküller gibi konjuge bağları içeren bileşenler ile disülfit bağı içeren bileşenler için, ışığın etkin bir şekilde absorblandığı spesifik dalga boyu olarak rapor edilmiştir (Spikes 1981, Shah ve ark. 2016). Birçok vitamin, karotenler, folik asit ve doymamış yağ asitleri ile birlikte, meyve sularında miktarı fazlaca bulunan fruktoz, sükroz ve glikoz gibi şekerlerin, 240-360 nm dalga boyundaki UV-C ışığı absorblama yeteneğinde yüksek olduğu (Fan ve Geveke 2007) ancak karbonhidratların UV-C ışınlarından etkilenmediği rapor edilmiştir (Shah ve ark. 2016). Bununla birlikte, meyve pulpunda yumuşamaya neden olarak meyve sularında bulanıklığın azalmasında belkide en büyük rolü oynayan ve ışınlama ile ortaya çıkan tekli oksijen ve hidroksil radikallerinin neden olduğu foto-reaksiyonlar ile meyve suyunda bulunan polisakkaritler fotokimyasal depolimerizasyona uğramakta böylece daha berrak meyve suyu eldesi mümkün olmaktadır (Shah ve ark. 2016).

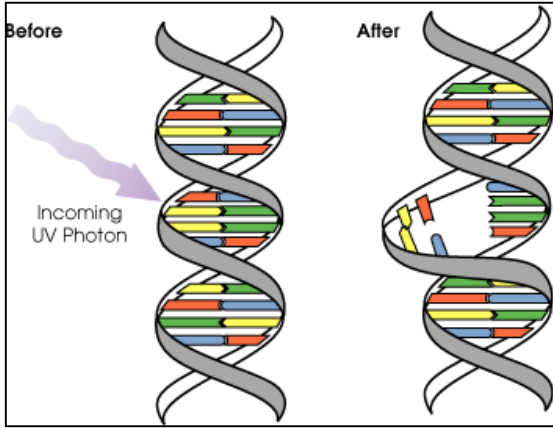
Mikroorganizmaların DNA yapılarında meydana getirdiği hasar ile birçok meyve ve sebze patojenlere karşı bitkinin savunma mekanizmasını tetiklemesi gibi direk ve dolaylı etkileri sebebiyle bir antimikrobiyal ajan gibi davranan UV ışın (Giese ve Darby 2000, Bintsis ve ark. 2000, Allende ve ark. 2006), antosiyanin ve stilbenoidler gibi sağlık üzerinde yararlı etkileri bulunan bileşenlerin de sentezini uyarmaktadır (Cantos ve ark. 2002, Allende ve ark. 2006). Bununla birlikte yüksek dozlardaki uygulamaların, dokuda hasara sebep olabileceği önceki çalışmalarda rapor edilmiş olup doku bütünlüğünün önemli olduğu ürünlerde söz konusu hasarı önlemek için diğer yöntemlerle birleştirilmesinin gerekliliği vurgulanmıştır.

Ultraviyole fotonları kısmen aktiftir ve absorblandığı molekülde bağların kırılmasına sebep olabilmektedir. İnaktivasyon etkisinin en yüksek olduğu dalga boyu 253.7 nm olarak belirlenmiştir (Hoyer 1998). Bu dalga boyu, DNA tarafından en etkin şekilde absorbe edilen dalga boyudur, bu nedenle kanser ve mutasyona neden olmaktadır. Bu dalga boyu, bazı virüslerde RNA tarafından da absorblanmaktadır. DNA tarafından absorbe edilen UV fotonlarının taşıdığı enerji, aynı DNA zinciri üzerinde timin bazlarının birbirine bağlanmasına ve timin dimerlerinin oluşumuna neden olmaktadır. Bu oluşum, hücresel UV hasarının başlıca mekanizmasını oluşturmaktadır. Timin dimerlerinin oluşum mekanizması Şekil 2.1'de, UV ışınlama nedeniyle DNA'da meydana gelen hasar Şekil 2.2' de gösterilmektedir. Reaksiyon sonucu oluşan DNA foto-ürünlerinden en önemlisini teşkil eden siklobütül primidin dimerleri nedeniyle (Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas 2004), DNA dizini katlanır, kromozom replikasyonu bozulur, transkripsiyon ve ekspersiyon yapılamaz. Hücre genetik mutasyona

uğrar, böylece mikroorganizmaların çoğalması engellenerek inaktif hale gelir (Billmeyer 1997, Bolton 2001).



Şekil 2.1. DNA’da timin dimerlerinin oluşumu



Şekil 2.2.UV-C ışının yol açtığı DNA bozulması

UV-C uygulaması sonucu hasarlanan hücre, uygulama sonrasında 330 nm üzerindeki dalga boylarındaki (Liltved ve Landfald 2000) ışınlar maruz kaldığında fotoreaktivasyon olarak isimlendirilen, DNA daki hasarın protein faktörleri (DNA tamir genleri) tarafından tamir edilerek hücrenin onarılması olayı gerçekleşebilmektedir (Yajima ve ark. 1995, Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas 2004). Fotoreaktivasyon sonrası onarılan hücreler, ikinci bir UV uygulaması karşısında UV ışığa karşı daha dirençlidirler. Işınlama işlemi takiben gıdanın karanlık bir ortamda depolanması ile hücrenin kendini onarması önlenebilir (Stevens ve ark. 1998, Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas 2004).

Mikroorganizmaların UV-C ışık hassasiyetleri farklı mikroorganizmalar arasında önemli ölçüde değişmektedir. Birçok araştırmacı, Gram-negatif bakterilerin Gram-pozitif

bakterilere kıyasla, hücre duvarındaki peptidoglikan tabakanın daha ince olması nedeniyle UV ışığa karşı daha hassas olduğunu, bunu takiben sırasıyla mayalar, bakteri sporları, küfler, virüsler ve protozoaların ışına daha dirençli olduğu belirtilmektedir (Lopez- Malo ve Palou 2005, Hinjen ve ark. 2006, Gayan ve ark. 2014). UV ışık hassasiyetlerindeki bu farklılıklar, hücre duvarı kalınlığı, hücre büyüklüğü, pigment üretimi, genetik materyalin bileşim, boyut ve konformasyonu ile hücre DNA tamir yeteneği gibi bazı içsel mikrobiyal faktörler ve mikroorganizmanın gelişim evresi gibi hücrenin fizyolojik durumuna bağlı olarak oluşmaktadır (Tran ve Farid 2004, Lopez-Malo ve Palou 2005, Bucheli-Witschel ve ark. 2010, Wassmann ve ark. 2011, Gayan ve ark. 2014).

Lambert-Beer kanununa göre ışının, gıda maddesi tarafından absorblanması, dalga boyu, hedef materyalin konsantrasyon ve doğasına bağlıdır. Farklı fiziksel ortamlarda UV ışığın etkisinin penetrasyon derinliği ile değişmesi özelliğine bağlı olarak havada asılı bulunan bakteriler, UV-C radyasyona suda asılı bulunanlara kıyasla daha dayanıksızdır (Bintsis ve ark. 2000, Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas 2004). Temiz su dışındaki sıvıların yüzeyinde UV penetrasyon derinliğinin çok kısa olduğu bilinmektedir (Shama 1999). Meyve sularında küçük partikül çapına sahip bileşenlerin varlığı ve çözünebilir katı madde miktarının fazlalığı, UV ışının penetrasyon derinliğini birkaç milimetreye kadar düşürmektedir (Feng ve ark. 2013). Saf su ve deniz suyunda, sırasıyla yüzeyden 40 ve 10 cm derinlikte, ölçülen UV radyasyon dozunda % 30 azalma meydana gelmektedir (Bintsis ve ark. 2000). Meyve sularında UV ışığın penetrasyonu % 90 absorpsiyonda yaklaşık 1 mm (Sizer ve Balasubramaniam 1999), şarap, bira, berrak elma suyu ve portakal suyunda sırasıyla yaklaşık 1.1, 0.63, 0.67 ve 0.1 cm olarak tahmin edilmektedir (Koutchma ve ark. 2009). Sıvı gıdaların işlenmesinde türbülanslı akışa ihtiyaç duyulmasının en önemli sebebi de budur (Anonim 1999a, Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas 2004). UV-C radyasyonun penetrasyon etkisi, sıvının cinsine, UV-C absorpsiyonuna, sıvı içerisindeki çözünebilir ve askıda katı madde miktarına bağlıdır. Bunun yanı sıra askıdaki maddelerin büyüklüğü, gölgeleme yaparak ışığın mikroorganizmalar üzerine etkisini bloke etmektedir (Shama 1999, Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas 2004). Meyve suyu gibi ürünlerin işlenmesinde duyusal ve besinsel özelliklerde değişime sebep olmaksızın raf ömrünün arttırılması ve mikrobiyal yükün düşürülmesi için debi, ışının uygulanma süresi (exposure time), farklı meyve çeşitleri, meyve suyu rengi ve bileşimi, diğer değişkenlere kıyasla çalışılması gereken değişkenler olarak ön plana çıkmaktadır (Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas 2004).

UV ışının mikroorganizmalar üzerindeki etkisine uygulanan UV şiddeti ve süre ile birlikte özellikle sıvı ürünlerde ortamın absorpsiyon katsayısı, sıvı derinliği, bulanıklığı vs. etki etmektedir (Küçük-Ünlütürk ve ark. 2004, Ünlütürk ve ark. 2008). Sıvıların absorpsiyon katsayısı, UV ışığın penetrasyon derinliğini etkilemekte, bir sıvının rengi ya da bulanıklığı ne kadar fazlaysa absorpsiyon katsayısı o ölçüde yüksek, ışının penetrasyonunda o kadar az olmaktadır. Bazı sıvılar için penetrasyon katsayıları Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. UV-C ışının 254 nm dalga boyunda sıvı gıdalardaki absorpsiyon katsayıları (Shama 1999)

Sıvı gıdalar	α (cm ⁻¹)
Distile su	0.007-0.01
İçme suyu	0.02-0.1
Berrak şurup	2-5
Beyaz şarap	10
Kırmızı şarap	30
Bira	10-20
Koyu renkli şurup	20-50
Süt	300

UV şiddet akısı (Intensity, I) ya da birim alandaki radyasyon W/m² olarak, doz (D) ya da maruz kalınan ışın ise J/m² olarak gösterilmektedir (Bintsis ve ark. 2000). Lamba tarafından yayılan UV-C dozunun ölçülmesinde genellikle radyometreler kullanılmakta, fotokimyasal rekasyonlar sonucu oluşan ürünlerin konsantrasyonların ölçülmesi prensibine dayanan kimyasal aktinometri (Shama 1999) ve bir mikroorganizmanın inokulasyonu sonrasında ışınlama ile elde edilen log azalmanın saptanmasına dayanan biyodozimetri de (Sastry ve ark. 2000), ışınlama dozunun ölçümünde kullanılmaktadır (Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas 2004).

Fiziksel ve ısı olmayan bir dezenfeksiyon metodu olan UV-C ile fotoinaktivasyon işleminin, kimyasal kalıntı bırakmaması (Chang ve ark. 1985, Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas 2004), uygulama sırasında bilinen toksik bir yan ürün oluşturulmaması, belli organik bileşenlerin uzaklaştırılabilmesi, uygulama yapılmış sularda kötü tat ya da kokunun oluşmaması, iyonize radyasyon oluşturulmaması ve ısı pastörizasyon işlemi ile kıyaslandığında uygulama için çok küçük bir enerjiye gereksinim duyulması (Keyser ve ark. 2008), UV

enerjinin kullanımında yasal bir sınırın ve geniş çaplı bir ekipman ihtiyacının olmaması gibi birçok avantajı bulunmaktadır (Yousef ve Marth 1988, Wong ve ark. 1998). Bunun yanı sıra, ısı pastörizasyona uğrayan meyve sularında renk değişimi ve aromanın bir kısmında kayıp meydana gelirken, UV ışınlanan meyve sularında aroma ve renk korunmaktadır (Tran ve Farid 2004). Mikrobiyal yükü düşürmek için yapılan uygulamanın yanı sıra, meyve, sebze ve köklerde, UV-C ışının bir diğer kullanım amacı da materyali, mikroorganizmalara karşı dirençli hale getirmektir. Hormetik etki olarak adlandırılan ve çilek, domates, limon, şeftali, elma, greyfurt, patates vb. ürünlerde etkileri çalışmalarla belirlenen reaksiyonda, UV-C ışın, bitkide fitoaleksinlerin (fenolik bileşenler) oluşumunu tetikleyen fenilalanin amonyum-liyazın (PAL) üretimini uyararak, dolaylı olarak meyve ve sebzelerin mikroorganizmalara karşı direncini geliştirmektedir (Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas 2004). UV-C ve ısı uygulanan brokoli örneklerinde antioksidan ve fenolik bileşik miktarlarının yanı sıra fenil alanin amonyum-liyaz etkinliği araştırılmıştır. Işınlamanın örnekte fenilpropanoid metabolizmasında çok önemli bir role sahip olan PAL enzim aktivitesinde artışa neden olduğu ve bu enziminde fenilalanini aminsizleştirmek suretiyle *trans*-sinamik asit oluşumunu katalizlediği belirtilmiştir. Fenolik bileşenlerin sentezinde rol oynayan söz konusu enzimin, örneklerde fenolik asit ve flavonoidler gibi fenilpropanoidlerde ve dolayısıyla antioksidan aktiviteye sahip bu bileşiklerin antioksidan aktivitelerinde artışa neden olduğu belirtilmiştir. Brokoli örneklerinde UV ışınlama ve ışınlamayı takiben 48 °C’de yapılan ısı uygulaması sonrasında bu enzimin aktivitesinde 1.5 kat artış saptanmıştır (Lemoine ve ark. 2010). UV-C ışınlamanın etkilerinin araştırıldığı mango, elma, şeftali ve çilek meyvelerinde ışınlama sonrasında PAL enziminin aktivitesinin arttığı rapor edilmiştir (Stevens ve ark. 1990, Nigro ve ark. 2000, Lemoine ve ark. 2010).

Radyasyon uygulanan gıdanın çok derinlerine ulaşamaması, uygulamanın daha çok yüzey ve yüzeye yakın kısımların sterilizasyonunda kullanımı yöntemin dezavantajlarını oluşturmakta, hava, su ya da polietilen gibi şeffaf materyallerde diğer ortamlara kıyasla daha etkin kullanılmaktadır (Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas 2004). Öldürücü etkisi, sterilizasyonu sağlanacak ortam ya da gıdaya direk olarak uygulanmasını gerekli kılmakta, gözenek, kanal ya da ışının ulaşamadığı gölgede kalan bölgelerde etkisi bulunmamaktadır (Bachmann 1975).

UV-C uygulamalarının yararlı etkilerinin yanında; uygulanan doza bağlı olarak, bitki dokularındaki protein sentezini azaltması, bazı ürünlerde ekşime ve renk değişimlerine neden

olması, kloroplast fonksiyonunu ve DNA'nın yapısını bozması (Danon ve Gallois 1998, Brosché ve Strid 1999) gibi zararlı etkileri de bulunmakta (Luckey 1980), yüksek dozlarda uygulanan UV ışın, ürün yüzeyinde kanser oluşturarak görünüşü bozabilmektedir. Buna karşın mikroorganizma gelişimini önlemek için düşük dozlar yeterli olmakta ve bu dozlar, birçok üründe söz konusu etkileri oluşturmamaktadır. Bu nedenle tekniğin gıdalarda yüzeysel dezenfektan olarak kullanımına Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (U.S. Food and Drug Administration, FDA) tarafından izin verilmiştir. Bunun yanı sıra meyve sularında patojen mikroorganizmalar üzerinde en az 5 log₁₀ luk bir azalma sağlaması (FDA 2000) ve UV işleminin tek koruyucu yöntem olarak kullanıldığı durumlarda uygulama süresince türbülanslı akışın sağlanması şartıyla meyve sularında ultraviyole ışın uygulaması, bir muhafaza metodu olarak FDA tarafından onaylanmıştır (Falguera ve ark. 2011).

UV-C ile mikrobiyal inaktivasyon oranı düşük ışın şiddetinde (intensity, intensite) uzun süre ya da yüksek ışın şiddetinde kısa sürelerde uygulanarak elde edilebilmekte (Bachmann 1975) ve hedef mikroorganizmaların çeşidine göre gıdaya uygulanacak doz seviyesi değişmektedir. UV ışının mikroorganizma üzerine etkisi ise, türden türe değişmekte, aynı türde ise, suş, gelişmesi için gerek duyduğu ortam (Chang ve ark. 1985), kültürün bulunduğu evre (Shah ve ark. 2016), mikroorganizmaların yoğunluğu ile gıdanın çeşidi ve kompozisyonu gibi diğer karakteristiklere bağlıdır (Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas 2004).

UV-C ışın kaynağı olarak düşük basınçlı civa lambaları (Low Pressure Mercury Lamp, LPM lamp) kullanılmaktadır. UV-C ışınlama uygulamaları katı materyaller için genellikle farklı boyutlarda, farklı sayıda ve güçte UV lambalar içeren UV-C kabinlerde (UV-C chamber) yapılmaktadır. Sıvılarda en basit şekilde ışınlama işlemi, sıvının akışını sağlayacak bir pompa, UV lambadan kaynaklı ısı artışının önlenmesi amacıyla bir soğutma sistemi, sıvı akışının sağlanacağı plastik ya da hijyenik boru sistemi ve işlem görmüş ve görmemiş sıvının depolanması için gerekli bir depolama tankı ile ışınlama için gerekli UV-C lambadan oluşan ve konsentrik olarak adlandırılan eş merkezli boru sistemi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Sistemin merkezinde bulunan UV-C lamba, dezenfeksiyon için gerekli dozu sağlamakta ve isteğe bağlı olarak sisteme yerleştirilecek bir bağlantı elemanı ile de sıvı istenilen mikrobiyal seviyeye gelmesi için tekrar sistemden geçirilebilmekte ve sisteme yerleştirilen pompa yardımıyla akış hızı ayarlanarak istenilen dozda UV-C uygulaması sağlanabilmektedir. Ürünün homojenitesinin sağlanması amacıyla sisteme bir karıştırıcı eklenebilmektedir. UV

sistemlerde, ışınlama işlemi boyunca tüm materyalin aynı miktarda UV doza maruz kaldığından emin olmak için, akışın türbülanslı olma gerekliliği bulunmaktadır (Anonim 1999a, Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas 2004). Özellikle içme suyu için su dezenfeksiyon tedarikçileri tarafından üretilen birçok UV-C dezenfeksiyon ünitesi bulunmaktadır. Buna karşın birçok sıvı gıda, renksiz, saydam ya da geçirgen olmaması nedeniyle söz konusu gıdalardaki uygulamalarda bazı özel karakteristikler gerekmektedir. Sıvılarda UV penetrasyon etkinliği, ışın kaynağı, ürün kompozisyonu, akış profili ve geometrik şekil gibi faktörlerden etkilenmektedir. Sıvının boru içerisinden ince bir film halinde geçirilmesi, bir başlıktan püskürtülerek ince tanecikler halinde sisteme verilmesi ya da boru içerisinden türbülanslı akış rejiminde geçirilmesi gibi akış profili ve geometrik şekil faktörlerinde değişik yöntemler ile çalışılmaktadır.

UV ışınlamanın taze elma sularının bazı fizikokimyasal özellikleri ve enzim aktivitesi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, UV radyasyon uygulaması sonrası polifenol oksidaz, peroksidaz ve pektinmetilesteraz enzimlerinde sırasıyla 100, 15 ve 40. dakikada inaktivasyon sağlandığı, uygulama boyunca C vitamini miktarında kısmen bir düşüş yaşandığı, toplam fenolik bileşik miktarı, pH, çözünebilir katı madde ve şeker içeriğinde bir değişim gözlenmediği rapor edilmiştir. Elma sularının kırmızılık değerinde başlangıca göre azalma saptanmış ve ışınlamanın bazı pigmentlerde sebep olduğu hasar nedeniyle elma sularının parlaklığında artış gözlenmiştir (Falguera ve ark. 2011). Çalışma sonuçlarına paralel şekilde, elmada yapılan çalışmalarda, oksidatif ve pektolitik enzimlerin UV ışın ile inaktive edildiği rapor edilmiştir (Manzocco ve ark. 2009, Manzocco ve ark. 2011). Literatürde UV-C ışınla muamele gören taze kesilmiş ürünlerde C vitamini miktarında azalma, bazı sebzelerde de uçucu bileşenler ve görünümde değişiklikler saptanmıştır (Manzocco ve ark. 2011).

Sülfür dioksitin (SO_2) sağlık riskleri ile ilişkilendirilmesi nedeniyle şarap endüstrisinde söz konusu kimyasalın kullanımını azaltmaya yönelik girişimler, endüstriyi yeni teknolojilere yöneltmiştir. Bu yönelimin ışığında UV ışın kullanılarak yapılan çalışmada Chenin blanc ve Shiraz üzüm suları ve Chardonnay ve Pinotage şaraplarındaki maya, laktik ve asetik asit bakterilerinin inaktivasyonu araştırılmıştır. Chardonnay ve Pinotage şaraplarında ortalama mikrobiyal inaktivasyon sırasıyla 4.97 ve 4.89 \log_{10} , Chenin blanc ve Shiraz üzüm sularında ise 4.48 ve 4.25 \log_{10} olarak saptanmıştır. Bununla birlikte, DNA onarım sisteminde rol alan, UV-C radyasyona karşı dirençli proteinler içeren *Saccharomyces cerevisiae* 'da 5.38

\log_{10} luk bir azalma sağlanmıştır. Çalışma sonucunda, şarap üretiminde kullanılan üzüm suları ve şarapların mikrobiyolojik açıdan dengelenmesi nedeniyle kullanılan SO_2 'nin azaltılması amacıyla UV-C radyasyondan yararlanılabileceği belirtilmiştir (Fredericks ve ark. 2011).

Portakal suyu gibi meyve sularının sahip olduğu yüksek absorpsiyon katsayısı ve bulanıklık unsurları, UV teknolojisinin *Escherichia coli* gibi mikroorganizmalarda 5 \log_{10} luk inaktivasyon değerine tek başına ulaşmayı garanti edememesi, UV teknolojisi ile ılımlı ısı işlemi birlikte kullanımını akla getirmiştir. UV-ısı işlem kombinasyonunun sinerjistik etkisinin araştırıldığı çalışmada, 13.55 J/ml UV ışın dozu ve 25-60 °C arasındaki 7 farklı sıcaklık kombinasyonu uygulanan meyve sularında *E. coli* inaktivasyon değerleri incelenmiştir. 55 °C sıcaklıkta yapılan ısı işlem ve UV uygulaması ile 5 \log_{10} tan fazla ölümcül etki sağlanmasına rağmen bu sıcaklık-UV kombinasyonunda pH, asitlik, Brix ve renkte bir değişim gözlenmemiş, askorbik asit ve pektinmetilesteraz aktivitesinde ise azalma olmuştur (Gayan ve ark. 2012). Günümüzde ilaç endüstrisinde, ısı kullanmadan serum plazması gibi sıvılarda virüsleri inaktive etmek amacıyla kullanılan santrifugal UV sistem, UV ışığın bulanık ürünlerdeki penetrasyon derinliğini arttırmak amacıyla greyfurt suyunda denenmiş ve çalışmada 14 mJ/cm² dozda *S. cerevisiae* popülasyonunda yaklaşık 6 \log_{10} , 19 mJ/cm² dozda ise *E.coli* popülasyonunda, işlenmiş meyve sularında FDA tarafından mikrobiyolojik açıdan güvenilirlik kabul sınırı olan 5 \log_{10} luk azalma sağlanmış, inaktivasyon miktarının artan dozlarda doğrusal şekilde arttığı belirlenmiştir (Geveke ve Torres 2012). Greyfurt suyunda yapılan bir diğer çalışmada 30 dakika boyunca yapılan UV uygulamasında *S. cerevisiae* 'da, 2.42 \log_{10} luk azalma sağlanmış (Guerrero-Beltran ve ark. 2009) ve Geveke ve Torres (2012) 'in, 3.2 saniye UV uygulaması sonucu elde ettikleri 6 \log_{10} luk azalma ile kıyaslandığında uygulama süresi uzunluğunun sebebinin, UV ekipmanlardaki farklı meyve suyu film kalınlıkları olabileceği belirtilmiştir.

Yaun ve ark. (2004), *Salmonella* türleri veya *Escherichia coli* O157:H7 inokule edilmiş elma, marul yaprakları ve domates yüzeyine, UV ışığın bakterisidal etkisini araştırdıkları çalışmalarında, antibiyotiğe dayanıklı bu türlerin sayılarının azaltılması için gerekli UV-C dozunun belirlenmesini amaçlamışlardır. İnokule edilen örnekler, UV kabin içerisinde 1.5-24 mW/cm² ye kadar değişik dozlarda muamele görmüştür. *E.coli* ile inokule edilen ve 24 mW/cm² radyasyon şiddeti ile muamele gören elmalarda yaklaşık 3,3 log azalma ile en yüksek inaktivasyon değeri sağlanmış, daha düşük log azalma *Salmonella* türleri ile

inokule edilen domateslerde ($2,19 \log_{10}$) ve hem *Salmonella* hem de *E.coli* ile inokule edilen yeşil yapraklı marulda ($2,65 \log_{10}$ ve $2,79 \log_{10}$) görülmüştür.

Türbülanslı akışa sahip UV sistem için etkili UV dozunu ve meyve suyundaki aerobik bakteri sayısı ile küf-maya sayısının azaltılmasında UV sistemin etkinliğini belirlemek, renk ve tat profiline etkisini saptamak amacıyla, 0- 2066 J L⁻¹ arasında değişen dozlarda uygulanan UV ışın, elma suyu, guava ve ananas suyu, mango nektarı, çilek nektarı ve iki çeşit portakal ve tropik meyve sularında kullanılmıştır. UV-C radyasyonu değişik dayanıklıdaki meyveler ve nektarlarda mikrobiyal yükün azaltılmasında başarıyla uygulanmış, uygulanan UV-C ışığın dozu arttıkça mikrobiyal yükteki azalmada artış gözlenmiştir. Isıl pastörizasyon işlemi ile kıyaslandığında, UV ile muamele görmüş meyve sularında tat ve renk profili değişmemiş ancak her bir meyve suyu için özel bir optimizasyonun zorunlu olduğu belirlenmiştir (Keyser ve ark. 2008).

Meyve suyu gibi ürünlerin raf ömrünün arttırılmasında, bozulmanın önlenmesi amacıyla sağlanacak mikrobiyal inaktivasyon kadar uygulanan yöntemin, söz konusu ürünlerde oluşan ve ürünün tüketici tarafından kabul edilebilirliğinde de rol oynayan esmerleşmenin önüne geçmesi bir başka deyişle enzimleri ısıl işlem uygulamalarında olduğu gibi inaktive etmesi gerekmektedir. Bu nedenle UV ışınlama gibi ısıl olmayan işlemlerin bu tip ürünlerde kullanımının önerilmesi için mikrobiyal inaktivasyon ile birlikte sağlanacak enzim inaktivasyonu ön plana çıkmaktadır. Müller ve ark. (2014), UV ışının, elma ve üzüm sularında sağladığı mikrobiyal inaktivasyonun yanı sıra ürünlerin esmerleşmesinde rol oynayan polifenol oksidaz (PPO) enzim aktivitesi üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Yaklaşık 100 kJ L⁻¹ UV dozunun, raf ömrünün uzamasını sağlayacak şekilde toplam aerobik bakteri ile küf maya sayısını 2 log₁₀ a kadar azalttığını, bu dozdaki PPO aktivitesinde oluşturduğu büyük düşüş ile de buzdolabı koşullarında sonradan oluşabilecek esmerleşmeyi en aza indirdikleri ve akış koşulları ile pompalamanın da PPO aktivitesi üzerine ilave bir etkisinin bulunduğunu rapor etmişlerdir. Yine de farklı çeşitlere göre değişebilecek enzim hassasiyeti ya da çözünebilir bileşenlerin absorpsiyonu sebebiyle ileriki çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu vurgulamışlardır (Müller ve ark. 2014).

UV teknolojisinin, kavun dilimlerinin kalite özellikleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, kavunlar kesim işlemi boyunca 0-12.000 J/m² arasında değişen UV dozlarına maruz bırakılarak hermetikli olarak kapatılmış steril plastik kaplarda 6 °C' de depolanarak

geleneksel yöntemde uygulanan paketlenme ve depolama işlemine benzer şekilde muamele görmüşlerdir. Depolama boyunca renk, gevreklik, meyve suyu ağırlık kaybı, duyu özellikler ve tercih edilme durumunun yanı sıra mezofilik bakteri, laktik asit bakterisi, *Enterobacteriaceae*, maya ve canlı mikroorganizma sayıları değerlendirilmiş ve artan UV-C dozunun kalite özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir (Manzocco ve ark. 2011). Renk ve gevreklikte önemli bir değişim gözlenmezken ($p \geq 0.05$), *Enterobacteriaceae* ve toplam canlı mikroorganizma popülasyonunda 2 log dan fazla azalma sağlanmıştır. 14 gün boyunca depolama sonrasında, *Enterobacter* ve toplam canlı sayısında, UV uygulanmamış örneklere göre UV ışınlanmış ürünlerde 2 log daha az bir gelişim gözlenmiş, maya sayısında ise 7 güne kadar bir gelişim saptanmamıştır. UV uygulanmış ve uygulanmamış örneklerde depolama boyunca laktik asit bakteri sayısında azalma gözlenmiştir. Karpuz dilimlerinde yapılan benzer çalışmalarda, 4100 J/m² doz uygulaması sonucu, toplam yaşayan mikroorganizma popülasyonunda 1.5 log₁₀ luk (Fonseca ve Rushing 2006), 1600 J/m² dozda toplam aerobik bakteri sayısında 1 log₁₀ luk (Artes-Hernandez ve ark. 2010), 1130 J/m² dozda minimum işlem görmüş narlarda, *Enterobacter* ve laktik asit bakteri popülasyonunda 1 log₁₀ (Artes ve Allende 2005), 1180 mW s/cm² dozda, dilimlenmiş kavun küplerinde mezofilik aerobik bakteri sayısında 2 log₁₀ luk (Lamikanra ve ark. 2005) azalma sağlanmıştır (Manzocco ve ark. 2011). Çalışmalarda görüldüğü üzere, UV ışının dekontaminasyon etkisi, ışık şiddetinin artışı ile paralel şekilde artmaktadır. Bu davranış, meyve dokusu boyunca, UV-C ışın geçirgenliğinin çok düşük olduğu şeklinde açıklanabilmektedir (Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas 2004). Buna ek olarak, kesim işlemi sonucu, mikroskopik düzeyde görülebilen yüzey pürüzleri oluşmakta ve bu pürüzler, mikroorganizma hücreleri için gölgeleme yaparak UV-C ışığın etkisini azaltmaktadır. Minimum işlem görmüş meyve ve sebzeler için bazı mikrobiyolojik kriterler mevcuttur. İspanya, Fransa ve Almanya gibi Avrupa ülkelerinde toplam canlı sayısı ve laktik asit bakterileri için maksimum limit 7 log₁₀ KOB/g olarak belirlenmiştir (Francis ve ark. 1999, BOE 2001, Manzocco ve ark. 2011). Çalışma sonucu, UV ışınlanmış ürünler, 7 log luk limite depolama aşamasında kontrolden sonra ulaşmışlardır. Bu sonuç, UV-C uygulanmış ürünlerin mikrobiyal stabilitesinin işlenmemiş ürüne göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Kontrol örneği için 4 günden az bir raf ömrü öngörülmüşken, UV-C uygulanmış ürünler için 7 günden fazla bir raf ömrü tahmini yapılmıştır.

Süt, krema, krema dolgulu pastacılık ürünleri, tereyağı, jambon, peynir, sosis, konserve etler, salatalar, pişmiş yemekler ve sandviç dolguları gibi birçok gıdada (Le Loir ve

ark. 2003), bakteriyel gelişim ve/veya enterotoksin oluşumu nedeniyle gıda kaynaklı zehirlenmelere neden olabilen ve toksin üreten *Staphylococcus aureus* suşlarının, UV-C ışın ve UV-C ışın-ılımlı ısı işlem kombinasyonlarına dayanıklılığı, tampon çözelti ve farklı fizikokimyasal özelliklere sahip sıvı gıdalarda, UV-C dayanımı ve inaktivasyon kinetiklerini belirlemenin yanı sıra, pH, su aktivitesi ve absorpsiyon katsayısı gibi bazı çevresel faktörler ile bulunduğu gelişim fazının inaktivasyona etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır (Gayan ve ark. 2014). pH ve su aktivitesinin UV inaktivasyon etkinliği üzerinde herhangi bir değişime neden olmaması, gelişim fazları arasında inaktivasyon oranları açısından anlamlı bir fark oluşmamasına rağmen, uygulanan ortamın absorpsiyon katsayısının artması ile birlikte UV inaktivasyon oranında çarpıcı bir düşüş yaşanmıştır. Farklı pH ya sahip ortamlarda ılımlı ısı işleminin UV uygulamasının etkinliğini arttırdığı saptanmış, sıcaklığın 50 ve 57.5 °C arasında artmasıyla, pH dan bağımsız olarak *S. aureus* inaktivasyonun da arttığı rapor edilmiştir (Gayan ve ark. 2014).

Ünlütürk ve ark. (2008), *E. coli* ve *Salmonella typhimurium* inokule edilmiş sıvı yumurta ürünlerinin farklı sıvı derinliği, ışın şiddeti ve süre parametreleri kullanılarak UV ışınla dayanıklı hale getirilmesini hedefledikleri çalışmalarında, UV-C ışın yayan düşük basınçlı UV lamba kullanılarak ışınların hemen altına hizalanan 6 cm çapındaki petri kabı içerisindeki sıvı yumurta örneklerine koşutlanmış UV ışın demetleri düşük basınçlı UV-C lamba (15 W) ile işlem uygulamışlardır. *E. coli* inokule edilmiş sıvı yumurta beyazında en yüksek inaktivasyon değeri, en yüksek UV şiddetinde (1.314 mW/cm²) ve en düşük sıvı derinliğinde (0.153 cm) 20 dk lık UV uygulaması (98 mJ/cm²) ile 2.2 log kob/ml elde edilmiş benzer şekilde sıvı yumurta sarısında en yüksek azalma yine en yüksek UV şiddetinde (1.314 mW/cm²) ve en düşük sıvı derinliğinde (0.153 cm) 20 dk lık UV uygulaması (13.25 mJ/cm²) ile 0.675 log kob/ml olarak elde edilmiştir. Çalışma bulguları incelendiğinde hem *E. coli* hem de *S. typhimurium* için uygulanan farklı sıvı derinliği ve doz kombinasyonları sonucunda UV ışın dozunun artması ile UV uygulamasının mikrobiyal inaktivasyon etkisini arttırdığı saptanmıştır. UV ışının düşük penetrasyon özelliği düşünülerek söz konusu çalışmada 153 mm en düşük sıvı derinliği olarak seçilmiş ve bu derinlikte 15 W lık lamba ile 13.25 mJ/cm² doz elde edilerek 0.675 log kob/ml lik bir azalma sağlanmıştır. Çalışmamızdaki reaktör tasarımında sıvı akış kanalının en derin noktası 3 mm olarak tasarlanmış ve yüksek güçlü UV-C lamba ile bu derinlikte ve 239 mJ cm⁻² doz değeri ile elde edilen inaktivasyon değeri çalışmanın çok üzerine çıkarak 5.41 log kob/ml olarak saptanmıştır.

UV-C ışın, birçok sebze ve meyvede, hasat sonrası çürümenin azaltılması ve hastalıkların kontrolü ile ürünün olgunlaşmasıyla oluşan metabolik faaliyetlerin geciktirilmesinde tek başına veya diğer biyolojik yöntemlerle birlikte kullanılabilen (Liu ve ark. 1993, Stevens ve ark. 1996, Nigro ve ark. 1998, Tran ve Farid 2004), hasat sonrası yoğun olarak kullanılan ısı ve ozon uygulamalarına göre daha ekonomik bir yöntem olarak ön plana çıkmaktadır.

Hasat sonrası UV ışın uygulamasının yabancı maddelerini meyvesine etkisinin araştırıldığı çalışmada, 0-4 kJ/m² UV-C ışına maruz kalan meyveler, ilk 7 gün 5 °C, sonraki 2 gün ise 20 °C'de depolanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, UV-C uygulamasının, meyvede ağırlık kaybı ya da sertleşmeye neden olmadığı belirtilmiştir. 1-4 kJ/m² UV-C ışın uygulaması ile olgunlaşmadan kaynaklanan çürümede % 10 azalma sağlanmıştır. Toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitede 1 ve 2 kJ /m² UV uygulaması ile artış gözlenmiş bununla birlikte antioksidan maddelerin UV ile uyarılmasının çeşide bağlı olarak değiştiği, flavonoid miktarında UV ile çok güçlü bir ilişkinin göz önüne serilemediği buna karşın flavonoidlerin bireysel analizi ile ileriki çalışmalarda etkinin belirlenebileceği vurgulanmıştır. Olgunlaşmaya bağlı çürümenin, en etkin şekilde 2 kJ/m² UV uygulaması ile azaltıldığı rapor edilmiştir (Perkins-Vaize ve ark. 2008).

Botrytis cinera tarafından oluşturulan gri küf, meyve ve sebzelerde hem son üretim basamağındaki hasarlanmalar nedeniyle hem de depolama süresince patojenlerin gelişimi ve çürümeye neden olması nedeniyle ciddi ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Hasat sonrası kimyasal uygulamalar meyvelerdeki pestisit kalıntılarını arttırmaları sebebiyle birçok ülkede yasaklanmıştır. Bu nedenle alternatif güvenlik metotları geliştirilmesi ihtiyacı doğmuş (Nigro ve ark. 1998) ve UV-C ışınlama metodu da hasat sonrası hastalıkların kontrolü için geliştirilen metotların arasında yerini almıştır. Nigro ve ark. (1998), sofralık üzümlerde *Botrytis* depo çürüklüğünün azaltılması üzerine farklı UV-C dozlarının etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, sofralık üzümler, 0.125 - 4 kJ m⁻² aralığında değişen dozlara maruz bırakılarak meyve üzerinde oluşturulan yapay yaralara değişik zamanlarda (0, 24, 48, 72, 96, 144 saat) *Botrytis cinera* inokule edilmiş, sonrasında bir kısmı 21 °C diğerleri 3 °C de depo edilmiştir. 0.125-0.5 kJ m⁻² aralığında UV-C radyasyona maruz kalmış meyvelerde önemli ölçüde daha düşük sayıda enfekte olmuş üzüm ve doku bozulması saptanmış, 24-48 saat arasında inokule edilmiş örneklerde UV-C uygulamasından hemen sonra inokule edilenlere göre daha düşük hasarlanmalar oluşmuştur. Sonuç olarak, UV-C uygulamasını takiben oluşturulan yapay

yaralanmalara yapılan *B.cinerea* inokulasyonu sonucunda sofralık üzümde hasara neden olan gri küfün azalması sağlanmıştır. Literatürdeki diğer çalışmalarda sonuçları destekler nitelikte olup UV-C radyasyonun üzümlerin gri küfe karşı dayanıklılığını arttırdığı görülmüştür (Pezet ve Pont 1992). 1 kJ m⁻² den başlayan UV-C dozlarında ise üzüm yüzeyinde kahverengileşme veya renkte değişim gözlenmiştir (Nigro ve ark. 1998). Bu sonuç, açık renkli ürünlerde UV radyasyonun dezavantajı olarak görülmektedir.

Botrytis cinerea nın kontrolünde depolama öncesi yoğun olarak yapılan fungusit uygulamalarına alternatif olarak kullanılan UV-C'nin düşük dozlarının, greyfurt (D'hallewin ve ark. 2000), çilek (Nigro ve ark. 2000, Pan ve ark. 2004), üzüm (Akbulak ve Karabulut 2002) ve mangoda (González-Aguilar ve ark. 2001) çürümleri azalttığı belirtilmektedir.

Bununla birlikte literatürde, düşük dozda UV-C uygulamasının soğan (Lu ve ark. 1987), tatlı patates (Stevens ve ark. 1990), havuç (Mercier ve ark. 1993), domates (Liu ve ark. 1993) gibi bazı sebze türleri ile elma, şeftali, mandalina, greyfurt gibi bazı meyve türlerinde patojenlere karşı dayanımı arttırdığı (Stevens ve ark. 1996, Nigro ve ark. 1998) ve meydana gelen hasat sonrası zararlanmaları azalttığı belirtilmektedir (Nigro ve ark. 1998). Dayanım artışının nedeninin, fenilalanin amonyak liyaz gibi enzimlerin aktivitesinin artması sonucu patojenlere karşı toksik maddelerin oluşumundaki artış ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir (Fritzenheimer ve Kindl 1981).

İnokule edilmiş domateslerdeki gri ve siyah küf oluşumunun azaltılmasında UV ışığının etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, meyve yüzeyine 1.4-40 kJ/m² arasında değişen UV dozu uygulanmış ve çalışma sonucu elde edilen veriler daha önce Lu ve ark. (1991) tarafından yapılan araştırma sonuçları ile desteklenmiş ve olgunlaşmanın geciktirilmesi ile raf ömrünün uzatılması sağlanmıştır (Liu ve ark. 1993). Piga ve ark. (1997), yaptıkları çalışmada UV ışına maruz kalmanın armutlarda ağırlık kaybına neden olmadığını bildirmişlerdir.

Buna ek olarak UV ışınlama ile meyve yüzeyindeki sporlar öldürülürken ürün bünyesinde fitoaleksinlerin üretimleri artmakta, fitoaleksinler ise ürünleri daha sonraki enfeksiyonlara karşı korumaktadır. Diğer bir deyişle, UV-C uygulaması, mikroorganizmaları yok ederken aynı zamanda ürünün dayanımını da arttırmaktadır (Kasım ve Kasım 2007).

UV ışın, kırmızı ışık ve güneş ışığının, domateslerin hasat sonrası depolama süreleri boyunca karotenoid içerikleri ve fiziksel kalite özelliklerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, yeşil olarak hasat edilen domateslere, 21 gün boyunca, günlük olarak UV-C, kırmızı ışık ve güneş ışınları kısa süreler ile uygulanmış, kontrol grubu olarak ise işlem görmemiş domatesler aynı süre boyunca karanlıkta saklanmıştır. Depolama boyunca, karotenoid içeriği, yüzey rengi, doku sertliği gibi özellikler incelenmiş, UV-C ve kırmızı ışık uygulanan yeşil domateslerin likopen içeriklerinin ilk 4 günde önemli ölçüde arttığı buna karşın, renk, sertlik ve briks değerlerinde hasat sonrası depolama süresince değişikliğin çok az olduğu bildirilmiştir (Liu ve ark. 2009). Brokolide yapılan bir çalışmada ise, UV-C uygulamasının klorofil bozulmasını, doku hasarı ve parçalanmasını geciktirdiği ve antioksidan kapasiteyi koruduğu belirtilmiştir (Costa ve ark. 2006).

Mikrobiyal riskin azaltılmasında, taze haldeyken kesilen ürünlerin yıkanmasında fazla miktarda temiz suya ihtiyaç duyulmakta ve su tüketiminin azaltılması amacıyla da yıkama sonucu kirlenen suların yeniden kullanılması yoluna gidilmektedir. Sanayiden toplanan taze kesilmiş soğan, hindiba, havuç ve ıspanak yıkama sularındaki mikrobiyal floranın azaltılması ve bu sayede suların yeniden kullanılabilirliğinin sağlanması amacıyla ozon (O₃) ve UV-C ile bunların kombinasyonlarının dezenfeksiyon etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, sulara, O₃, UV ve O₃ – UV işlemlerinin her biri 60 dakika boyunca uygulanmıştır (Selma ve ark. 2008). Tüm uygulamalar, sebze yıkama sularının bakteri, küf ve maya sayısı üzerinde etkili olmuştur. O₃ – UV uygulaması, 60 dakikalık uygulama sonucu 6.6 log kob/ml ile en yüksek mikrobiyal azalmayı sağlamıştır. UV ve O₃ işlemlerinin tek başına kullanıldığı uygulamalarda ise en yüksek azalma sırasıyla 4.0 ve 5.9 log kob/ml olarak elde edilmiştir. Çalışma sonucunda, O₃ ve O₃– UV uygulamalarının, taze kesilmiş sebze yıkama prosesinde diğer dezenfektanlara alternatif olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Bu teknolojilerin kullanımı ile fazla su kullanımının önlenmesi ve daha düşük miktarda dezenfektan kullanılması gibi yararlar sağlanabileceği vurgulanmıştır.

Yaş üzümler, haşereler ile gri ve siyah çürüklük, külleme gibi fungal hastalıklara karşı hassas meyvelerdir. İleriki aşamalarda ise hasarlanmış meyveler *Aspergillus niger*, *Alternaria tenuis*, *Cladosporium herbarum*, *Rhizopus arrhizus*, *Penicillium* spp. ve diğer küfler tarafından zarar görebilmektedir. UV-C nin, yaş ve kuru üzümlerden izole edilen küflere etkisini ve üzüm olgunlaşması ile depolama boyunca küflerde meydana gelen değişikliklerin belirlenmesi amacıyla *Aspergillus carbonarius*, *A. niger*, *Cladosporium herbarum*,

Penicillium janthinellum ve *Alternaria alternata*, petri ortamında (100-250 spor/petri) farklı sürelerde (0, 10, 20, 30, 60, 300 ve 600 saniye) ışına maruz bırakılmış, sonrasında inkübasyona alınan petrilerde 7 gün boyunca hergün sayım yapılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, *Alternaria alternata* ve *Aspergillus carbonarius* en dayanıklı küfler olarak belirlenmiştir. Bu türlerdeki çimlenme, 10 sn uygulama sonucunda % 25 oranında azalırken test edilen diğer türlerde ise bu azalma % 70'ten fazla olmuştur. *Penicillium janthinellum* sporları, bu dalga boyundaki ışınlara en duyarlı sporlar olarak bulunmuştur. 300 saniyelik işlem süresi ise, *Alternaria alternata* dışındaki tüm izole edilen küflerin gelişimini engellemiştir. Sonuçta hasat edilen üzümlerin UV-C radyasyonuna maruz kalması, depolama boyunca ya da sonrasında meydana gelebilecek dehidrasyon sırasında kontamine olan küflerin çimlenmesini engelleyebilmektedir (Valero ve ark. 2007).

UV-C uygulaması ile ürünlerin dayanım metabolizmasının artırılmasının yanı sıra kalite ile ilgili değişimlerde olumlu yönde değişebilmektedir. Pek çok yeşil sebze, UV-C uygulamaları ile antioksidanların (α -tokoferol, β -karoten ve askorbik asit) düzeyin de artış rapor edilmiştir (Higashio ve ark. 1999). Uygulanan farklı sürelerdeki (3.5 ve 10 dk) UV-C'nin, şeftalilerde daha sert meyve dokusuna, etilen üretiminin hızlanmasına ve bununla birlikte pütresin düzeyinin artmasına neden olduğu belirtilmiştir (González-Aguilar ve ark. 2004).

Taze meyve-sebze ürünlerinin yanı sıra domuz eti ve derisinde, yüzeydeki patojen mikroorganizma sayısının azaltılmasında ve süt şişelerinin yüzey sterilizasyonunda da, UV ışınlama teknolojisi kullanılmakta (Koutchma ve ark. 2004) bununla birlikte, yumurta yüzeyinde aerobik bakteriler, küf ve mayaların azaltılmasında ve yüzeye inoküle edilen *Salmonella typhimurium*, *E. coli* ve *S. aureus* gibi patojenlerin yok edilmesinde de başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Kuo ve ark. 1997, De reu ve ark. 2006). Yumurta, yüksek protein içeriğinin yanı sıra arzu edilen yapı, aroma, doku ve nem özelliklerini kazandırmak amacıyla gıdalara ilave edilen, düşük maliyetli bir ürün olup, geçmiş yıllarda *E. coli* ve *Salmonella enteritidis* gibi bakterilerin neden olduğu gıda kaynaklı salgınlar sebebiyle, endüstride kullanılan şekliyle sıvı yumurtada bu ve buna benzer problemlere yol açan mikroorganizmaların yok edilmesi ve raf ömrünün korunması için, yumurtanın sarı ve beyaz kısmı için sırasıyla minimum 55.6 °C' de 6.2 dk ve 60 °C'de 3.5 dk ısı işlem uygulanmaktadır. En uygulanabilir ve en iyi anlaşılmış teknik olarak görülmesine rağmen ısı pastörizasyonun, yumurtanın koagülasyon, köpürme ve emülsifiye edici özellikler ile

yumurtanın kullanıldığı ürünlerin kalite ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkileri nedeniyle, protein denatürasyonu ve koagülasyonu üzerine bilinen bir etkisi olmaması sebebiyle UV ışınlama diğer yöntemlere kıyasla ön plana çıkmıştır. Ünlütürk ve ark. (2008), sıvı yumurta ürünleri için UV ışının etkinliğini araştırdıkları çalışmalarında, hedef mikroorganizma olarak, *E.coli* O157:H7, *E. coli* O157:H7' ye göre UV ışına daha dayanıklı patojenik olmayan *E. coli* suşu (ATCC 8739) ve *Salmonella typhimurium* kullanmışlardır. Sıvı yumurta ürünü içerisindeki UV'ye dayanıklı *E.coli*' nin inaktivasyonu, sıvı ortamın derinliğinin etkisi (0.5, 0.3, 0.153 cm), UV ışığın şiddeti (intensite) (1.314, 0.709, 0.383 mW/cm²) ve UV ışığa maruz kalma süresi (0, 5, 10, 20 dk) değerlendirilerek incelenmiştir. En fazla azalma (>2 log₁₀) sıvı yumurta beyazında, sıvı derinliği ve UV şiddeti sırasıyla 0.153 cm ve 1.314mW/cm² koşullarında gerçekleşmiş, sıvı yumurta sarısında (0.675 log kob/ml) ve tüm sıvı yumurtada en fazla azalma (0,316 log kob/ml) aynı koşullarda sağlanmıştır. Sonuçlar ışığında, UV-C uygulamasının sıvı yumurta ürünleri için bir ön işlem olarak ya da ılımlı ısıtma işlemler ile birleştirilmesi ile ısıtma pastörizasyon işleminin yan etkilerinin azaltılabileceği vurgulanmıştır.

Ultraviyole (UV) ışınlaması, 1985 yılından bu güne kadar, içme sularının dezenfekte edilmesinde kullanılmakta ve bazı ülkelerde klasik olarak yapılan klorlama işlemine alternatif olarak uygulanmaktadır (Kasım ve Kasım 2007). Genel olarak UV-C ışık uygulamaları sağlam (bütün) ürünlerde uygulanmakla birlikte minimum işlenmiş ürünlerde de klor ve ozon gibi bilinen dezenfeksiyon uygulamalarından daha etkili olabilmektedir (Fonseca ve ark. 2004).

UV teknolojisi sıvıların pastörizasyonunda ya da katı ürünlerin dezenfeksiyonunda ısıtma işlemi ya da antimikrobiyal bileşen uygulamalarında geleceği olan bir yöntemdir (Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas 2004). Yapılan çalışmalar incelendiğinde ultraviyole ışınlama teknolojisi farklı gıda materyallerinde uygulanabilirliği ve işlem parametreleri araştırılan ve gelecek vaat bir teknoloji olarak görülmektedir.

Sonuç olarak, ısıtma pastörizasyona alternatif teknolojiler olarak önerilen ve ışınlama başlığı altında benzer uygulamalar gibi değerlendirilmekle birlikte gamma ve UV-C ışınlama işlemleri, mikrobiyal inaktivasyon mekanizmaları bakımından farklılık göstermektedir. Başta iyonize ve iyonize olmayan radyasyon olmak üzere iki farklı ışınlama teknolojisi olarak alt başlıklarda incelenen söz konusu teknolojilerden UV-C ışınlama işlemi, mikroorganizmaların

DNA ve/veya RNA zincirlerine zarar vererek etki göstermektedir. Öldürücü dalga boyunun absorpsiyonu ile kopan hidrojen bağları sonrasında, komşu bazlar arasında oluşan yeni bağlar, çift moleküller ve dimerleri oluşturur (Tornaletti 2005, Baysal ve İçier 2012). Bilinen en ciddi fotokimyasal zarar olan komşu pirimidinlerin dimerizasyonu sonrasında hücre bölünmesi durarak hücre ölümü gerçekleşir (Baysal ve İçier 2012). Gamma ışınlama işleminde ise, absorblanan enerjinin çoğu, serbest radikal oluşumu, radikaller arası veya radikaller ile diğer moleküller arası kimyasal reaksiyonlarda kullanılmakta, oluşan reaktif iyonlar ise metabolik enzim aktivitesi ve hücre membranının yapısını değiştirerek mikroorganizmaları hızlı bir şekilde öldürmekte veya yaşamsal faaliyetlerine zarar vermektedir (Fellows 2009).

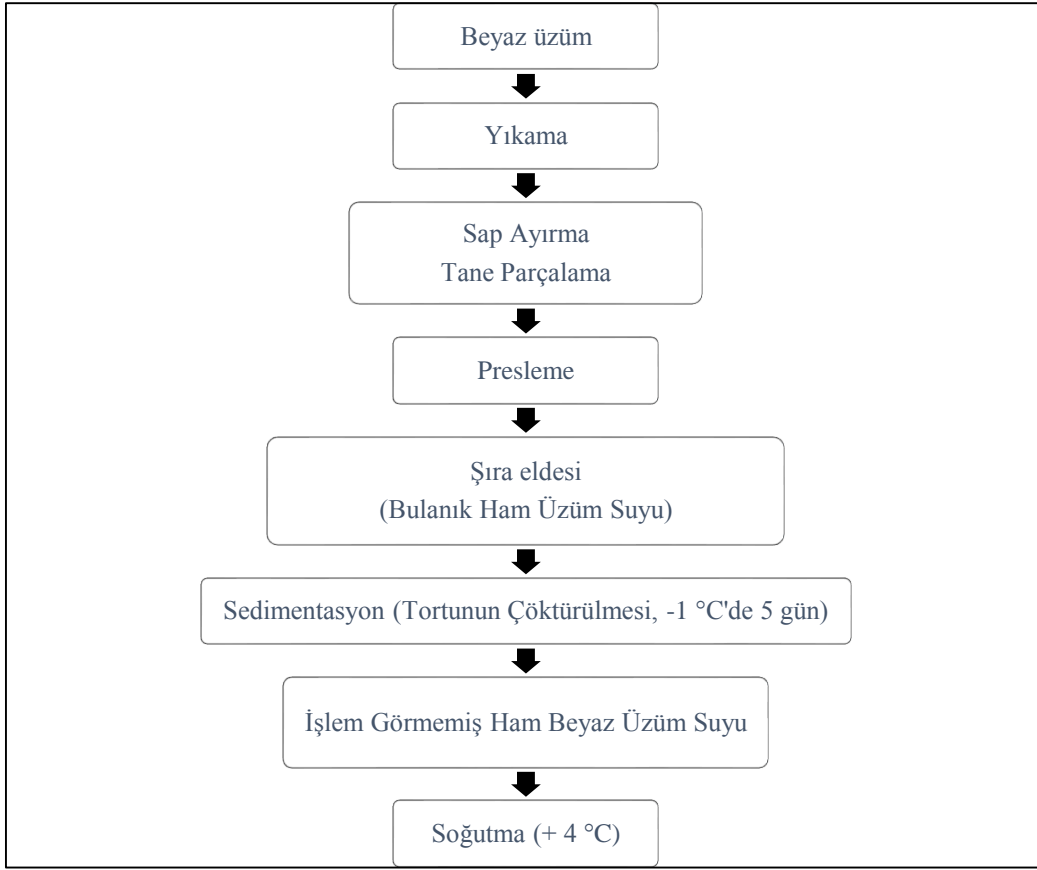
Her iki ısı olmayan yöntemin mikrobiyal inaktivasyon mekanizmalarının farklı olmasıyla birlikte, hem gamma hem de UV-C ışınlama işlemleri ısı yöntemlere kıyasla işleme maliyeti açısından ekonomik uygulamalardır (Fellows 2009, Baysal ve İçier 2012). Uygulama sırasında enerjinin çok küçük bir kısmının ısıya dönüşmesi ve üründe kayda değer bir ısı farklılığı yaratmaması da bir diğer olumlu özellik olarak görülmektedir. Bununla birlikte gamma ışınlamanın ilk yatırım maliyetinin yüksek olması bu işlem için bir olumsuzluk olarak rapor edilmektedir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Üzüm Suyu

Çalışmada kullanılmak üzere üzüm suyuna işlenecek olan Yapıncak (*Vitis vinifera* subsp. *vinifera* cv. Yapıncak) çeşidi üzümler, sofralık ve şaraplık olarak kullanılan, sarımsı yeşil tane rengi ve yuvarlak biçime sahip beyaz üzüm çeşidi olup Tekirdağ Bağcılık Araştırma İstasyon Müdürlüğü bünyesinde bulunan üzüm parsellerinden toplanmıştır. Hasat zamanında toplanan yaklaşık 30 kg üzüm, toz vb. kaba kirlerin uzaklaştırılması amacıyla öncelikle içilebilir nitelikteki çeşme suyu ile yıkanmış, üzüm suyuna işlemeye uygun olmayan nitelikteki çürük ya da olgunlaşmamış taneler ile yaprak, sap, dal gibi yabancı maddeler için ayıklama ve sap ayırma işlemi uygulanmıştır. Ön işlemler sonrası üzümler ezilerek doğrudan preste sıkılmış ve şırası ayrılmıştır. 5 litrelik cam kavanozlara hava boşluğu kalmayacak şekilde tam dolumu yapılan şıra, katı partiküllerin dibe çökmesi için soğuk hava deposunda - 1 °C'de 5 gün süre ile bekletilmiş, tortusundan ayrılan ham beyaz üzüm suyu bekletilmeden Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölüm Laboratuvarına getirilerek işleme alınmıştır. UV reaktör tasarımının işlenerek kullanıma hazır hale getirilmesi, gamma ışınlama işleminin ancak firmanın dışarıdan örnek kabul ettiği günlerde uygulanabilme durumu nedeniyle işlemler aynı çeşit üzümlerden farklı zamanlarda elde edilen üzüm sularında uygulanmıştır. İşlemlerde kullanılan kontrol örneklerinin farklılığı bu sebepten kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.1. Beyaz Üzüm Suyu Üretim Akış Şeması

3.2. Yöntem

3.2.1. Üzüm Suyunun Optik Özelliklerinin Belirlenmesi

3.2.1.1. Üzüm Suyunun Absorbans Sabitinin Belirlenmesi

Üzüm sularının absorbans değerleri, farklı seyreltme faktörleri (1:10, 1:25, 1:50, 1:100, 1:1000) kullanılarak spektrofotometrede (UV-Mini 1240, Shimadzu, Kyoto, Japonya), 254 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Üzüm suyunun absorpsiyon sabiti, absorbansa karşı örnek konsantrasyonları kullanılarak elde edilen grafiğin eğimi kullanılarak tahminlenmiştir.

3.2.1.2. Üzüm Suyunun Bulanıklığının Belirlenmesi

Üzüm sularının bulanıklığı (HACH 2100Q) türbidimetre kullanılarak ölçülmüştür. Cihazın cam küvetine doldurulan yaklaşık 50 ml örnek için okuma üç kez tekrarlanmıştır. Üzüm suyunun bulanıklık değeri Nephelometric Turbidity Unit (NTU) olarak verilmiştir.

3.2.1.3. Üzüm Suyunun Yoğunluğunun Belirlenmesi

Üzüm sularının yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla, 100 ml hacimdeki mezüre, hacim çizgisine kadar üzüm suyu doldurularak hassas terazide tartımı yapılmıştır. Okumalar üç kez tekrarlanmıştır. Sonuçlar g/cm^3 cinsinden belirlenmiştir.

3.2.2. Dozimetri Çalışmaları

3.2.2.1. Yansımali Akış Yollu Ultraviyole-C (UV-C) Reaktör Tasarımı

Doğru UV reaktör tasarımı, yüksek UV absorpsiyonunun önlenmesi ve viskozitenin dezavantaj yaratmasını önlemek ve bu sayede UV ışının etki ve inaktivasyon etkinliğini geliştirmede önemli bir kriterdir (Koutchma 2008). UV reaktörün içerisindeki akış rejimi, mikroorganizmanın, radyasyon uygulanan alandaki pozisyonu ve kalma süresini önemli şekilde değiştirebilmesi nedeniyle uygulanan toplam UV dozuna etki etmektedir.

Literatür verileri incelendiğinde, farklı sürekli akış (continuous flow) UV reaktör tasarımlarının, meyve sularının ısı olmayan pastörizasyonunda kullanımının araştırıldığı belirlenmiştir. Sürekli akış UV reaktörlerde iki farklı tasarım söz konusudur (Koutchma 2008). İlk tasarımda, laminer akış sağlayacak şekilde oluşturulan UV reaktörler, sıvıyı aşırı ince bir film tabakası halinde akış yolundan geçirmek suretiyle, ışınlama yolunu kısaltarak ışının derine nüfuz etme problemini ortadan kaldırmayı hedeflemektedir. İnce film reaktörler, parabolik hız profiline sahip laminer akışlı olarak karakterize edilirler. Bu reaktörlerde, maksimum akış hızı, akış yolunun merkezinde gözlenmekte ve söz konusu hız, sıvının ortalama hızının iki katı kadar bir değere ulaşmaktadır (Koutchma ve Parisi 2004, Koutchma 2008). Laminer akışlı reaktörlerde, araştırmanın amacına göre değişen sayıda UV lamba merkeze konumlandırılmış şekilde bulunmakta, merkezden dışa doğru UV lambanın üzerinde kuartz kılıf bulunmaktadır. Reaktör, ışınlanacak sıvının, kuartz kılıfın dış yüzeyi ile tankın iç

yüzeyi arasında oluşan dairesel laminer akış alanında pompa yardımıyla yol aldığı bir sistemdir. İkinci tasarım yaklaşımı ise, akışta türbülansı arttırarak tüm sıvı materyalin UV ışığa yakınlığını arttıran bir UV reaktör anlayışıdır. Türbülanslı akış sayesinde elde edilen daha yüksek sıvı akış hızı ile akıştaki homojeniteyi geliştirerek, parçacıkların ortalama hacimdeki partiküllerden 1.2 kat daha hızlı biçimde ışınlanmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte, türbülans arttıkça, reaktör içerisindeki basınç düşmekte, dolayısıyla yüksek akış hızını sağlaması gereken türbülanslı akış rejimi, sıvının UV ışına maruz kalma süresini azaltmakta ve ölçek büyütme anlamında zorluk yaratmaktadır. Reaktörde en dışta paslanmaz çelik bir ışınlama odası, en içte ise UV lambalar ve UV lambanın üzerine ise kuartz bir kılıf konulmuştur. Türbülanslı akış rejimine göre çalışan reaktörlerde bir başka tasarım ise, sayısı, uygulanacak doza göre değişiklik gösteren UV lambalar üzerine sarmal hale getirilmiş teflon malzemedan yapılmış bir tüpün helezonik olarak konumlandırılarak akışın bu tüp içerisinden sağlanmasıdır. Sarmal hale getirilmiş helezon tüp, ikinci bir türbülans ile, Dean etkisi olarak bilinen ikinci bir etki sağlayarak akışın her alanında daha uniform akış hızı ve kalış süresi elde edilmesini sağlamaktadır. Lambalar ve reflektörler, helezon tüpün hem iç hem de dışına konumlandırılarak yalnızca akmakta olan sıvıya uygulanan UV ışın şiddetini değil aynı zamanda akıştaki istikrarıda arttırmaktadır.

Reaktörler incelendiğinde, tasarımdaki en önemli nokta, UV reaktörde akış yolundan geçen sıvının her noktasının UV ışınlardan eşit miktarda etkilenmesi ve ışına maruz bırakılma süresinin aynı olması, bu sayede her mikroorganizmanın eşit miktarlarda UV doz alması olarak belirlenmiştir (Koutchma 2008). Koutchma (2008), meyve sularına uygulanan UV-C ışınlamada belirtilen 5 log₁₀ luk başarı kriterine ulaşmak için, ürünün geçirgenlik katsayısı, reaktörün geometrik şekli, gücü, ışının dalga boyu ve UV-C ışın kaynağının fiziksel tasarımı, ürün profili ve radyasyonun kat ettiği yol uzunluğu (path length) gibi faktörlerin reaktör tasarımında mutlaka göz önünde bulundurulması gerektiğini vurgulamıştır.

Sıvıların dezenfeksiyonunda, yukarıda sözü edildiği üzere, birçok farklı ekipman kullanılmakla birlikte son yıllarda çalışmalar daha çok sürekli akış UV reaktörler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Genel çerçevede, laminer akışlı reaktörlere göre bazı avantajları bulunan türbülanslı akış sağlayan UV-C reaktörlerin ana bileşeni, içerisinde UV enerji kaynağını içeren kuartz cam silindir üzerine sıkıca oturan helisel biçimde sarılı teflon kılıf içeren bir düzenedir. Sıvı, sarmal teflon kanalın içerisinde ilerlerken UV lamba tarafından üretilen ışınlar maruz kalarak içerisindeki mikroorganizmaların inaktivasyonu sağlanmaktadır.

Kuartz cam ve teflon, yüksek UV-C geçirgenliğine sahip materyallerdir. Bu nedenle ultraviyole ışına maruz bırakılacak sıvıların söz konusu materyallerden yapılmış borular içerisinde akışı sağlanmaktadır.

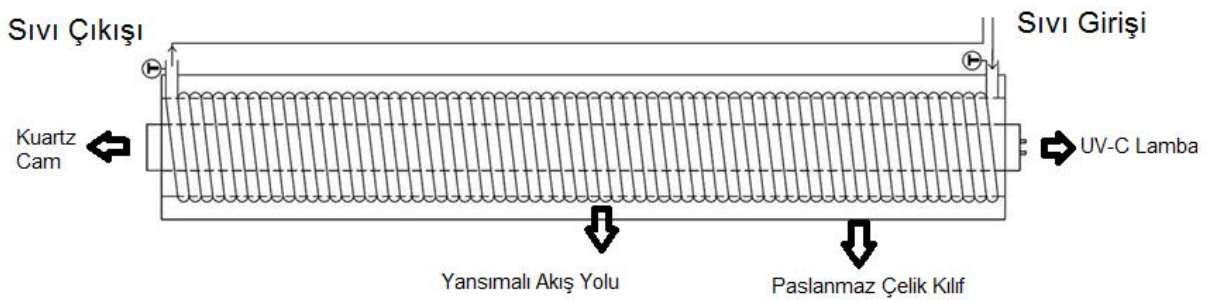
Çalışma kapsamında, sıvı ürünlerin dezenfeksiyonunda kullanılan sürekli akış UV reaktörlerden farklı olarak yansımali akış yoluna sahip bir reaktör tasarlanmıştır. Yansımali akış yollu UV reaktörde, reaktörün merkezinde bulunan UV lambanın etrafında bulunan kuartz cam ile iç yüzeyi yivli paslanmaz çelikten yapılmış, kapalı bir alan arasında akış yolu oluşturulmuştur. Tasarımda, dezenfeksiyonu sağlanmak istenen sıvı, paslanmaz çelik materyal ile UV lamba arasında oluşturulan kanallar arasında ince bir film halinde akmaya zorlanmaktadır. Yansımali akış yollu reaktör tasarımı ile mevcut reaktörlerin en önemli farkı, sıvı ile UV lamba arasında perfloroalkoksi polimer reçine (PFA), politetrafloroetilen veya florlanmış etilen propilen materyalden (Choudhary ve ark. 2011) yapılmış bir akış yolu bulunmaması böylece sıvı ile UV ışığın engelsiz bir şekilde teması ile daha etkin bir dezenfeksiyon sağlanmasıdır.

Mevcut UV ışınlama tekniğinde askıda katı partiküllerin varlığı, gölgeleme özelliği nedeniyle UV radyasyona maruz kalan mikroorganizmaların hayatta kalma olasılığını yükseltmektedir. Bununla birlikte katı partiküller, yalnızca ışın saçılımı yoluyla uygulanan UV dozun etkinliğini azaltmakla kalmaz aynı zamanda partikül yüzeyine bakterilerin yığın oluşturabileceği bir alan da oluştururlar. Tasarlanan reaktörde ise, akışa zorlanan sıvının ışını, hem lambadan direk olarak alması hem de paslanmaz çelik malzemedeki parlak kanal yüzeylerine çarpan ışınların yansması ile katı partiküllerin gölgeleme yaptığı ve mevcut reaktörlerde yeterli düzeyde ulaşılamayan kör noktalara ulaşarak bu bölgedeki mikroorganizmaların da UV ışığa maruz kalması amaçlanmıştır.

Sıvı uygulamalarında UV radyasyonun etkinliğini sınırlayan en önemli etmen ışının düşük penetrasyon özelliğidir. Bu özellik sıvının türüne, absorpsiyon katsayısına, çözünabilir katı içeriği ve içerisindeki askıda katı partikül miktarına bağlıdır. Distile su içerisinde UV ışın şiddetinin % 30'u yüzeyden 40 cm derine inildiğinde kayba uğrarken, meyve sularında ise UV ışığın % 90'ı ilk 1 mm de absorblanır. UV ışığın etkinliğini sınırlayan penetrasyon yetersizliğinin üstesinden gelmek için sıvı yoğun bir şekilde karıştırılmalıdır. Dean etkisi (Dean girdabı, Dean vortices) olarak bilinen ikincil türbülanslı akış etkisi ile bulanık ya da koyu renkli sıvılarda dahil olmak üzere yoğun bir karıştırma gerçekleştirilerek daha etkin bir

ışınlatma sağlanabilmektedir. Yansımali akış yollu UV-C reaktörde, debisi ayarlanabilen peristaltik pompa yardımıyla kanallar arasında sıvı akışı sırasında Dean etkisi oluşturularak etkin bir türbülanslı akış sağlanması hedeflenmiştir. Tasarımla, mikrobiyal inaktivasyon sağlanmasının yanı sıra meyve suları gibi ürünlerde esmerleşmeden sorumlu başta polifenol oksidaz olmak üzere pektinmetil esteraz ve poligalakturonaz gibi enzimlerin inaktivasyonu da etkin bir biçimde sağlanması hedeflenmiştir.

UV reaktör tasarımı (Şekil.3.2), 1 adet UV-C ışın yayan lamba, 1 adet debisi ayarlanabilir pompa ile sıvının lambaya temas etmesini önleyen kuartz cam içermektedir. Reaktör, içerisinde 75 W gücünde UV-C ışın yayan lamba bulunan 30 mm çapındaki kuartz cam etrafında, iç çapı 6 mm olan akış yolu içerecek şekilde tasarlanmıştır. Üzüm suları ön denemeler ile belirlenmiş, 2; 7,6 ve 14 L/h olmak üzere 3 farklı debide yansımali akış yollu UV-C reaktör kullanılarak UV uygulamasına maruz bırakılmıştır. UV-C reaktöre ilave edilen fan yardımıyla hava ile soğutma sağlanarak üzüm sularının giriş ve çıkış sıcaklıkları ölçülmüş, örnek sıcaklığı 24 °C’de sabitlenmiştir. Çalışmanın oda sıcaklığında gerçekleştirilmesinin en önemli sebebi, önceki çalışmalarda 4 °C sıcaklıkta yapılan ışılatma uygulamasına kıyasla oda sıcaklığında daha iyi bir ölüm oranı rapor edilmiş olmasıdır (Matak 2004, Choudhary ve ark. 2011). Üzüm sularının cihaza peristaltik pompa ile beslenmesi sırasında pompa verilerinin doğruluğunun saptanması amacıyla mezür ve kronometre yardımıyla gerçek zamanlı akış ölçümleri de gerçekleştirilmiştir.



Şekil.3.2 Yansımali Akış Yollu UV-C reaktör tasarımı

3.2.2.2.UV-C dozunun ölçümü

UV-C ışığın şiddeti (I , intensity, intensite), yaygın olarak birim santimetre kare alana düşen Watt (W/cm^2 , $W\ cm^{-2}$) olarak, örneğin ışınlanma miktarını belirten doz (D , dosage) ise birim saniyede santimetre kare alana düşen Watt ($W\ s\ cm^{-2}$) ya da santimetre kare alandaki joule ($J\ cm^{-2}$) olarak ifade edilmektedir. UV dozu (D), ışınlanma süresi (t) ile UV ışın şiddeti (I)'nin çarpımı sonucu elde edilmektedir.

UV-C ışın şiddeti (I_0), UV radyometre (UVX Radyometre, UVP, ABD) kullanılarak ölçülmüştür. Ölçüm sırasında, ışındaki dalgalanmaları önlemek ve lambanın tamamen aktivasyonunu sağlamak amacıyla lamba, ölçümden 15 dakika öncesinde açılmıştır. Akış yolunun ne kadar dozlandığının belirlenmesi amacıyla 254 nm dalga boyu için spesifik olan UVX-25 sensör akış yoluna yerleştirilerek ölçüm gerçekleştirilmiştir. Sensor tarafından ölçülen ışın şiddeti (Incident intensity, I_0) kullanılarak, Beer-Lambert kuralının integrasyonuna göre eşitlik (3.3)'te belirtildiği şekilde ortalama ışınlanma oranı (I_{avg}) hesaplanmıştır (Unluturk ve ark. 2008).

Reaktörün hacmi (V , cm^3), reaktörün kesit alanına (A , cm^2) bölünerek akış kanalının uzunluğu (L , cm) elde edilmiştir (3.1). Akış kanalı uzunluğu, her bir debi için deneysel olarak elde edilen sıvının reaktör içerisinde kalış süresine (ışınlanma süresi, exposure time, retention time, t , saniye) bölünerek akış hızları (v , m/s) saptanmıştır (3.2). Işın şiddeti değeriyle birlikte üzüm sularının maruz kaldığı UV-C ışın dozu (D), eşitlik (3.4)'te verildiği üzere ışına maruz kalma süresi (t , saniye) ve ortalama UV ışın şiddeti (I_{avg} , mW/cm^2) değerleri kullanılarak sonuçlar $mW\ s/cm^2$ ya da mJ/cm^2 olarak hesaplanmıştır. Eşitlikte A_e , absorpsiyon sabiti ($1/cm$) ve L ışın yolu (cm) değerlerini göstermektedir. A_e değeri, bölüm 3.2.1.1'de belirtilen şekilde tahminlenmiştir.

$$L\ (cm) = (V\ kanal/A\ kesit) \quad (3.1)$$

$$v\ (m/s) = (L / t) \quad (3.2)$$

$$I_{avg}\ (mW/cm^2) = I_0 \times (1 - \exp(-A_e * L)) / (A_e * L) \quad (3.3)$$

$$D\ (mW\ s/cm^2) = I_{avg} \times t \quad (3.4)$$

3.2.2.3. UV-C Reaktör Tasarımında Reynolds Sayısı ve Dean Girdabı

Helisel yapıdaki akış alanları içerisindeki akış tipini anlamak için Reynolds (Re) ve Dean (De) sayısı gibi boyutsuz sayıların hesaplanması gerekmektedir (Ko ve Ting 2006). Söz konusu boyutsuz sayıların hesaplanması için, hem viskozite ve yoğunluk gibi akışkana ait özellikler, hem de akış kanalına ait geometrik konfigürasyon verileri bilinmelidir. Kanal içerisindeki akış yalnızca akış hızının bir fonksiyonu değil aynı zamanda akışkanın yoğunluk ve viskozitesinin yanı sıra kanalın çapı ile de yakından ilişkilidir (Geankoplis 2003). Şu halde Reynolds sayısı, eylemsizlik kuvvetlerinin viskoz kuvvetlere oranı olarak tanımlanmaktadır (Choudhary ve ark. 2011). Reynolds sayısı 2100 değerinin altında laminar, 4000 değerinin üzerinde ise türbülanslı akışı temsil etmektedir (Geankoplis 2003). Çalışmamızda, farklı akış debileri ile 3 farklı Reynolds sayısına sahip akış elde edilmiştir.

Sarmal bir borunun içerisindeki sıvının akış profili “Dean akışı” olarak bilinmektedir (Dean 1927). Dean akışında, sarmal boru içerisindeki laminar sıvı akışına ikincil bir akış alanı eşlik etmektedir. Dean akışının sağlandığı sarmal akış kanalına sahip UV reaktörlerde, söz konusu ikincil akış girdapları, sıvı partiküllerinin düzensiz karışmasını sağlayarak UV-C ışığın nüfuz etme kabiliyetini geliştirmektedir (Koutchma ve ark 2007).

Çalışmamızda, yansımali akış yollu UV-C reaktörde meydana gelen akış sırasında yaratılan Dean girdabı, helisel olarak sarılı akış kanalına ait geometrik veriler ve Reynolds sayısına dayalı aşağıdaki eşitlik kullanılarak (3.5) hesaplanmıştır (Ko ve Ting 2006). Bu eşitlikte, r_o (radius of the tube, m), akış kanalının yarıçapı, a (curvature radius of the coil, m) değeri ise sarmal yapıdaki akış kanalında meydana gelen eğriliğin yarıçapıdır. Akış rejiminin belirlenmesi ile Dean sayısının hesaplanmasında kullanılan boyutsuz Reynolds sayısı (Geankoplis 2003) ise eşitlik (3.6)' da verilmiştir. Reynolds sayısı formülünde, D (m) akış kanalının çapı, v (m/s) akış hızı, ρ akışkanın yoğunluğu (kg/m^3) ve μ (Pa*s) akışkanın viskozitesidir.

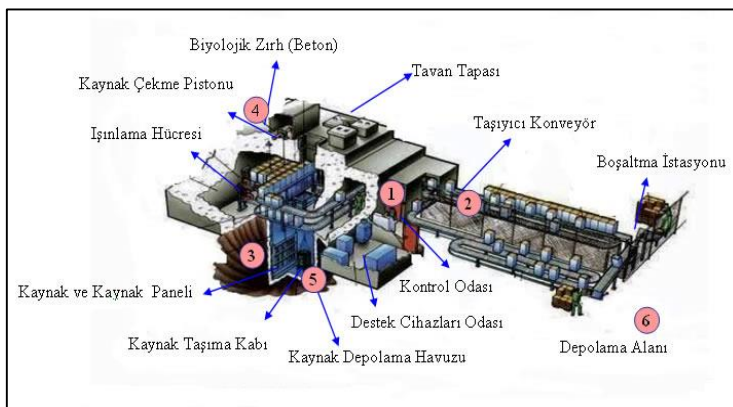
$$De = Re \sqrt{ro/a} \quad (3.5)$$

$$Re = D * v * \rho / \mu \quad (3.6)$$

3.2.3. Gamma (γ) Radyasyon Uygulaması

Gamma (γ) ışınlama uygulaması, GammaPak A.Ş. (Çerkezköy, Tekirdağ) tesisinde Co-60 (MDS, Nordion, Canada) izotopundan yayınlanan gamma (γ) ışınlarıyla Şekil 3.2’de görülen Co-60 ışınlama tesisinde gerçekleştirilmiştir. Işınlama sisteminde, çelik tüpler içerisinde bulunan metalik formdaki Co-60 izotopundan yayınlanan yüksek enerjili ve girici özelliği yüksek ışınlar, düz bir doz dağılımı sağlamak amacıyla iki yönden uygulanmakta ve örnekler tarafından absorblanan doz, dozimetre (Horwell Amber Perspex) ile ölçülmektedir. Co-60 izotopu bir beta ve enerjileri 1.17 MeV ve 1.33 MeV olan iki γ ışını yaymak suretiyle kararlı Ni-60 çekirdeğine dönüşmektedir (Alkan 2010). Beta (β) ışınları, yukarıda sözü edilen çelik tüplerden geçemediği için ışınlama işleminde sadece γ ışınları rol oynamaktadır.

Ön literatür çalışması ve firma ile yapılan görüşmeler ışığında, işletmenin alt yapısı doğrultusunda üzüm suyu örneklerine 2 farklı dozda (3 ve 5 kilogray, kGy) γ ışınlama yapılmıştır. γ radyasyonun giriciliğinin yüksek olması ışınlama işleminin ambalaj içerisinde yapılmasına olanak sağladığından ham halde elde edildikten sonra laboratuarda, steril koşullarda steril cam kavanozlara doldurulan üzüm suları işletmeye soğuk zincir ile taşınmıştır. Üzüm suları ambalajları içerisinde ışınlama hattındaki taşıyıcı bant (konveyör) üzerinde bulunan alüminyum ışınlama kutularına (58*64*124 cm) yerleştirilerek ışınlama odasına taşınmış ve ışınlama odasında ışın kaynağı çevresinde pnömomatik pistonlar yardımıyla hareket ettirilerek ışınlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Işınlama işlemi sonrasında yine taşıyıcı bant yardımıyla ışınlama kutuları otomatik olarak dışarı alınarak depolama alanına götürülmüştür. Işınlama işlemi tamamlanan üzüm suları, soğuk zincir ile Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği bölüm laboratuvarlarına getirilmiştir.



Şekil 3.3. Co-60 ışınlama tesisi, GammaPak A.Ş. (Alkan 2010)

3.2.4. Pastörizasyon Uygulaması

Ön işlemleri tamamlanarak ham halde elde edilen beyaz üzüm suları Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölüm laboratuvarına getirildikten sonra cam kavanozlara dolmuş ve 85 °C'de 15 dakika (Gülcü 2008) boyunca pastörize edilmiştir. Pastörizasyon sonrasında hızlıca soğutulmuş analiz aşamasına kadar buzdolabında + 4 °C'de depolanmıştır.

3.2.5. Cam kavanozların sterilizasyonu

Üzüm sularının analiz ve depolama süresince muhafaza edildiği, 40 ml hacimli otoklavlanabilir kapaklı cam şişeler, 121 °C'de 15 dakika otoklavda (Hirayama, Almanya) steril edilmiştir.

3.2.6. Deneme Deseni

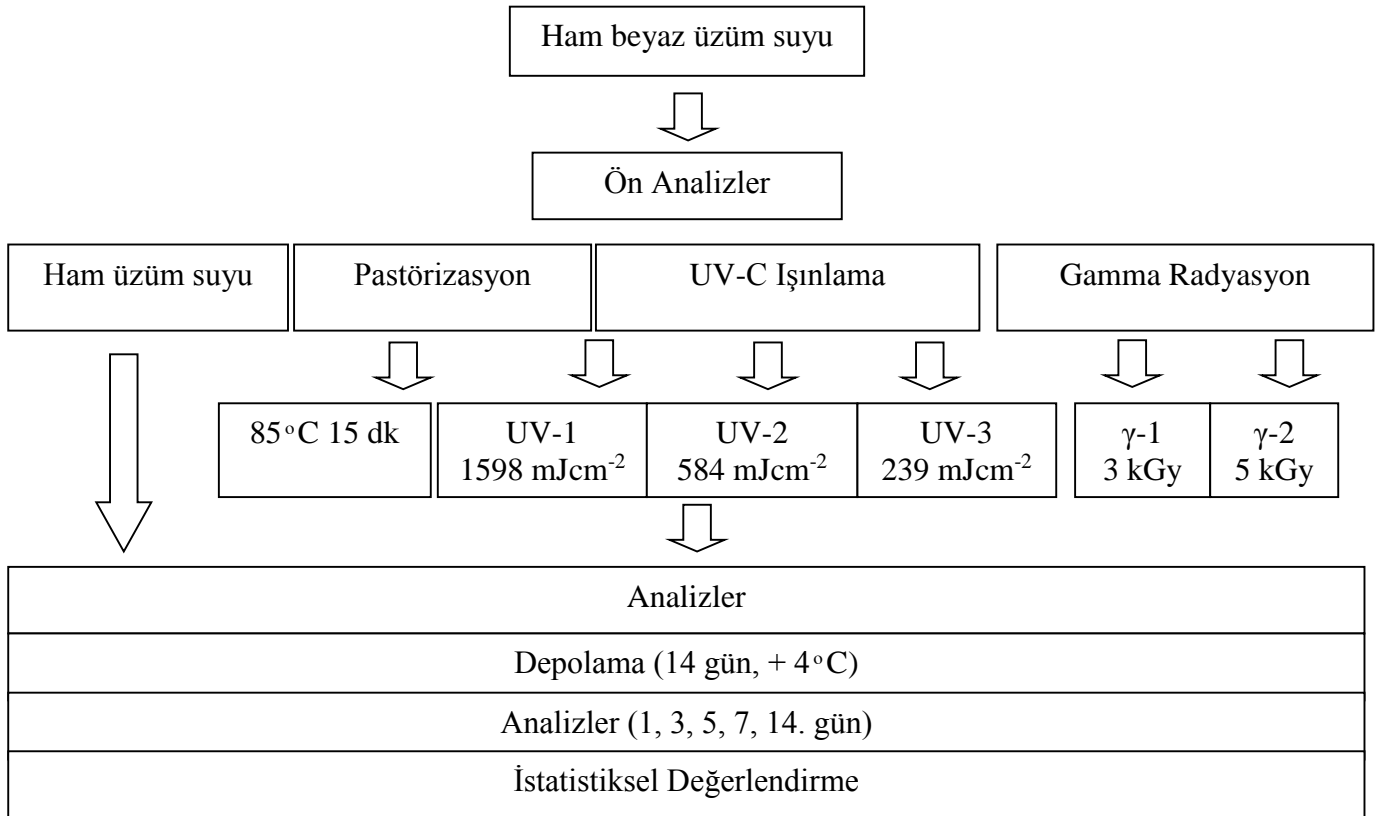
Ön işlemleri tamamlanarak laboratuara getirilen üzüm sularında γ radyasyon, UV ışınlama ve pastörizasyon işlemlerinin asıl deneme parametrelerini saptamak, uygulanan parametrelerde işlemlerin etkisini belirlemek amacıyla mikrobiyolojik analizlerin yanı sıra fiziksel, kimyasal ve duyuşal bazı kalite analizleri de yapılmıştır. Deneme grupları olarak pastörizasyon, UV reaktörde ön denemelerle belirlenmiş üç farklı üzüm suyu akış debisi (üç farklı UV dozu), iki farklı γ radyasyon dozajı ve kontrol grubu olarak ham halde temin edilen üzüm suyu kullanılmıştır. Pastörizasyon 85 °C'de 15 dakika ısı işlem normunda, UV uygulaması, ön denemelerle saptanan 10 rpm, 40 rpm ve 80 rpm olmak üzere 3 farklı pompa debisinde (3 farklı doz; 1598 mJ cm⁻², 584 mJ cm⁻², 239 mJ cm⁻²), γ ışınlama ise 3 kGy ve 5 kGy olmak üzere 2 farklı dozda uygulanmıştır.

Üzüm suyu örneklerine, pastörizasyon, γ radyasyon ve UV ışınlama uygulamaları öncesinde, başlangıç özelliklerinin belirlenmesi amacıyla toplam aerobik bakteri sayımı, küf-maya sayımı, antioksidan aktivite tayini (DPPH radikal söndürücü kapasite yöntemi), toplam fenolik madde içeriği, toplam monomerik antosiyaninlerin tayini, polifenol oksidaz (PPO) aktivite tayini, 5- Hidroksimetilfurfural (5-HMF) tayini, *trans*-resveratrol tayini ve furan analizinin yanı sıra kül içeriği (%), brix, renk, pH, titrasyon asitliği (%) ve duyuşal analizler yapılmıştır. Analizi yapılan örnekler deneme deseninde belirtilen parametrelerde işlemlere

tabi tutularak işlem etkinliğinin belirlenmesi amacıyla uygulamalar sonrası tekrar analize alınmıştır.

Analizleri tamamlanan üzüm suları, önceden 121 °C'de 15 dakika boyunca steril edilmiş 40 ml lik cam kavanozlara doldurularak bekletilmeden + 4 °C (± 1 °C) 'de buzdolabı koşullarında ve karanlıkta depolamaya alınmıştır. Depolama koşullarında üzüm sularının özelliklerindeki değişiminin saptanması amacıyla deneme deseninde ve yukarıda söz edilen analizler 1, 3, 5, 7 ve 14. günlerde periyodik olarak tekrar edilmiştir. Deneme deseninde verilen analizler 3 tekerrürlü ve paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar istatistiki olarak değerlendirmeye tabi tutularak işlemler arası ve parametreler arası farklılıklar ortaya konulmuştur.

Dört ana bölümden oluşan üzüm suyu için uygulanacak deneme planı Şekil 3.4' te verilmiştir.



Şekil 3.4. Deneme Deseni

3.2.7. Analiz Yöntemleri

3.2.7.1. Mikrobiyolojik Analizler

3.2.7.1.1. Toplam aerobik bakteri sayımı

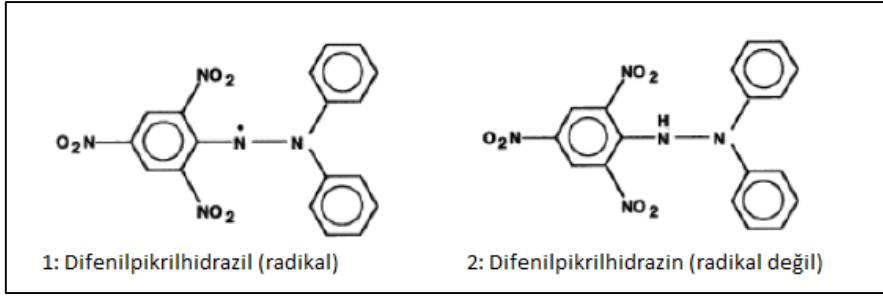
Üzüm suyu örneklerinde toplam aerobik bakteri sayımı, dökme plak ve yayma plak yöntemleri kullanılarak Ünlütürk ve Turantaş (1999)'a göre yapılmıştır. Örneklerin mikrobiyal yükü göz önünde bulundurularak hazırlanan dilüsyonlardan 1 ml ve 100 µl alınarak Plate Count Agar (PCA) besiyerine dökme ve yayma plak yöntemlerine göre ekim yapılmış ve petripler 30 °C de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrası petriplerde gelişen koloniler sayılarak sonuçlar koloni oluşturan birim/ml (kob/ml) olarak ifade edilmiştir.

3.2.7.1.2. Küf-Maya sayımı

Üzüm suyu örneklerinin küf-maya sayımı, dökme ve yayma plak yöntemleri kullanılarak BAM (2001)'e göre yapılmıştır. Örneklerin mikrobiyal yükü göz önünde bulundurularak hazırlanan dilüsyonlardan 1 ml ve 100 µl alınarak tartarik asit ile pH değeri ayarlanmış Potato Dextrose Agar (PDA) besiyerine dökme ve yayma plak ekim yöntemlerine göre ekim yapılmış ve 25 °C de 72 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda petriplerde gelişen koloniler sayılarak sonuçlar kob/ml olarak ifade edilmiştir.

3.2.7.2. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikal söndürücü kapasite yöntemiyle antioksidan aktivite tayini

Üzüm suyu örneklerinin antioksidan aktivitesi, 515-517 nm dalga boyunda maksimum absorbansa sahip mor renkli stabil organik bir nitrojen radikali olan DPPH* (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) (Şekil 3.5) radikal söndürücü kapasite yöntemi (Brand-Williams ve ark. 1995) kullanılarak belirlenmiştir. Yöntem, antioksidan madde ile reaksiyona giren DPPH* radikal molekülünün menekşe renginin indirgenmesi sonucu oluşan rengin görünür bölgede absorbansının ölçümü prensibine dayanmaktadır (Albayrak ve ark. 2010).



Şekil 3.5. 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH)' in molekül yapısı

Yönteme göre, antioksidan aktivitesi belirlenecek üzüm suyu örnekleri herhangi bir seyreltme yapılmaksızın doğrudan analize alınmıştır. Her bir üzüm suyu örneğinden farklı miktarlarda alınarak içerisinde metanolla hazırlanmış 1 molar DPPH* radikal çözeltisinden 600 µl içeren test tüpleri üzerine ilave edilmiş ve her bir tüp içerisindeki toplam hacim metanolla 6 ml ye tamamlanmıştır. Tüp içerikleri karıştırıldıktan sonra, tüpler oda sıcaklığında karanlık bir ortamda 15 dakika süreyle inkübasyona bırakılmış ve süre sonunda üzüm suyunun içerdiği antioksidan bileşiklerin radikal çözeltisinin renginde meydana getirdiği değişim, spektrofotometrede (UV-Mini 1240, Shimadzu, Kyoto, Japonya) 517 nm dalga boyunda metanol ile hazırlanmış şahit çözeltiliye karşı okunmuştur. Şahit çözelti için elde edilen absorbans değerinden yararlanılarak ($A_{kontrol}$) örneklerin her biri için DPPH radikalinin % engellenmesi (% Inhibisyon, I) aşağıda verilen eşitlikten hesaplanmıştır (3.3).

$$\% Engelleme \text{ (Inhibisyon oranı)} = \left(\frac{A_{kontrol} - A_{örnek}}{A_{kontrol}} \right) \times 100 \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

$A_{kontrol}$: Kontrolün (üzüm suyu yerine metanol) absorbansı

$A_{örnek}$: Analize alınan örneğin absorbansı

Eşitliğe göre hesaplanan % engellenme değerleri, kullanılan üzüm suyu hacimlerine karşı grafiğe dökülmüş ve lineer regresyon analizi uygulanarak üzüm suyu örneğine ait eğri ve bu eğriyi tanımlayan eşitlik elde edilmiştir. Eğriden elde edilen eşitlik kullanılarak üzüm sularına uygulanan her işlem parametresi için radikalın % 50'sinin inhibisyonunu sağlayan konsantrasyonu ifade eden EC_{50} değeri hesaplanmıştır.

3.2.7.3. Toplam Fenolik Madde İçeriğinin (TFM) Tayini

Üzüm suyu örneklerinde farklı gruplara ait fenolik bileşiklerin tayini, Franke ve ark. (2004) tarafından belirtildiği şekilde üzüm suyu örneklerinin içerdiği fenolik bileşiklerin Folin-Ciocalteu ayracı ile girdikleri reaksiyon sonucu oluşan rengin spektrofotometrede ölçümü ve gallik asit standart eğrisi ile kıyaslanarak değerlendirilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Yöntemin prensibi, örneklerin içerdiği fenolik bileşiklerin, Folin-Ciocalteu ayracını indirgemesi sonucu oluşan mavi rengin 720 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçümüne dayanmaktadır (Singleton ve Rossi 1965). Sonuçlar, farklı konsantrasyonda gallik asit çözeltileri kullanılarak hazırlanmış gallik asit standart eğrisi yardımıyla değerlendirilmiş ve üzüm suyu örneklerinin gallik asit cinsinden eşdeğeri olan fenolik bileşik miktarı, mg/l cinsinden hesaplanmıştır.

Toplam fenolik madde içerikleri belirlenecek üzüm suyu örnekleri herhangi bir işlem yapılmaksızın doğrudan analize alınmıştır. İçerisinde belirli miktarda deiyonize su ve fenolik madde içeriği saptanacak üzüm suyu örneğinden 500 µl bulunan balona, 2,5 ml Folin-Ciocalteu ayracı ilave edilerek karıştırılan balon içeriği 3 dakika bekletilmiş ve sodyum karbonat ilave edilerek tekrar karıştırılmıştır. 1 saat bekletme süresi sonrası mavi renkli çözeltilerin absorbansı spektrofotometrede (UV-Mini 1240, Shimadzu, Kyoto, Japonya) 720 nm dalga boyunda okunmuştur. Üzüm suyu örneklerinin fenolik madde içerikleri, öncesinde elde edilen gallik asit standart eğrisi kullanılarak değerlendirilmiştir.

3.2.7.4. Toplam Monomerik Antosiyaninlerin pH-differansiyel Metoduyla Tayini

Flavonoidler sınıfında bulunan antosiyaninler, suda çözünebilen doğal renk maddeleri olup sebzeler, meyveler, meyve suları ve şarapların pembe, kırmızı, mavi ve mor renklerinden sorumludurlar (Shahidi ve Nacz 1995, Nizamlıoğlu ve Nas 2010). Bu nedenle beyaz üzüm gibi açık renkli ürünler antosiyanin açısından fakir meyvelerdir. Bununla birlikte miktarları az dahi olsa, ısı ve ısı olmayan işlemlerin antosiyaninler üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla beyaz üzüm suyu örneklerinde toplam monomerik antosiyanin miktar analizi gerçekleştirilmiştir.

Üzüm suyu örneklerinin içerdiği toplam monomerik antosiyaninlerin tayini Wrolstad ve ark. (2005) tarafından belirtildiği şekilde, örneklerin pH 1.0 potasyum klorür ve pH 4.5

sodyum asetat tampon çözeltileri kullanılarak seyreltilmeleri sonrasında, potasyum klorür tamponunun maksimum absorpsiyon yaptığı dalga boyunda (520 nm) absorbans değerlerinin ölçülmesi ve iki çözeltideki absorbans farkının, örnekteki monomerik antosiyanin pigmentlerinden kaynaklanması prensibine dayanan yöntemle gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle tayin yapılacak örnek pH 1.0'deki potasyum klorür çözeltisi ile seyreltilerek $\lambda_{\text{vis-max}}$ (520 nm) dalga boyundaki absorbans okumaları spektrofotometrenin lineer sınırlarında kalacak şekilde 0.4-0.6 arasında bir değere ayarlanmış ve seyreltme faktörü hesaplanmıştır. Sonrasında potasyum klorür tamponu ile aynı oranda seyreltilmiş örneklerden 25 ml'lik iki ayrı balon jöjeye 2 ml ilave edilerek balonlardan biri pH 1.0, diğeri ise pH 4.5 tampon çözeltisi ile hacmine tamamlanmıştır. 30 dakika bekleme süresi sonrasında balon içeriklerinin $\lambda_{\text{vis-max}}$ ve 700 nm dalga boyunda absorbans ölçümleri kaydedilmiştir. Aşağıdaki eşitlik kullanılarak monomerik antosiyaninlerden kaynaklanan absorbans değişimi hesaplanmıştır (3.4).

$$A = (A_{\lambda_{\text{vis-max}}} - A_{700})_{\text{pH 1.0}} - (A_{\lambda_{\text{vis-max}}} - A_{700})_{\text{pH 4.5}} \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

$A_{\lambda_{\text{vis-max}}}$: Örnekte bulunan hakim antosiyaninin (malvidin-3-glikozid) maksimum absorbans verdiği dalga boyunda okunan absorbans değeri

A_{700} : 700 nm dalga boyunda okunan absorbans değeri

Absorbans hesaplamaları sonrasında örnekte hakim olan antosiyanin türüne göre aşağıdaki eşitlikten hesaplama yapılmaktadır. Literatürde, üzüm (*Vitis vinifera*) ve üzümde elde edilen meyvenin suyunda hakim olarak bulunan antosiyanin türü malvidin-3-glikozid olarak rapor edilmiş (Wrolstad ve ark. 2005) ve bu nedenle aşağıdaki eşitlik kullanılarak yapılan monomerik antosiyanin miktarı hesaplamada, bu antosiyanine (malvidin-3-glikozid) ait molekül ağırlığı (MW), molar absorptivite (absorpsiyon katsayısı, ϵ) ve söz konusu antosiyaninin maksimum absorbans dalga boyu ($\lambda_{\text{vis-max}}$), ki malvidin-3-glukozid için bu değer 520 nm dir, değerleri kullanılmıştır (3.5).

$$\text{Monomerik antosiyaninler, mg/L} = A * \text{MW} * S_f * 1000 / \epsilon * l \quad (3.5)$$

3.2.7.5. Polifenol Oksidaz (PPO) Aktivitesi Tayini

Polifenol oksidaz (PPO) aktivitesi ölçümü, bazı modifikasyonlar yapılarak Yemenicioğlu ve Cemeroğlu (1998), Cemeroğlu (2010) ve Müller ve ark. (2014) 'te belirtildiği şekilde sodyum fosfat (Na-fosfat) tampon çözeltisi yardımıyla üzüm suyundan ekstrakte edilen PPO enziminin belirli bir sıcaklıkta kateşol çözeltisini okside etmesiyle oluşan esmerleşme hızının 410 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçümü prensibine göre yapılmıştır.

Spektrofotometre küvet yuvasında bulunan küvet içerisine, 2.8 ml (0.1 M, pH= 6.8) Na-fosfat tampon çözeltisi ile PPO aktivitesi tayin edilecek üzüm suyundan 0.1 ml ilave edilerek 3 dakika süreyle inkübe edilmiş ve PPO'nun ekstraksiyonu sağlanmıştır. İnkübasyon süresi sonunda 0.1 ml (0.1 M) kateşol çözeltisi ilave edilip karıştırılmış ve hemen 410 nm'de absorbans ölçümüne başlanmıştır. Absorbans ölçümleri 15 saniye aralıklarla kayıt altına alınmış ve 5 dakika süresince elde edilen veriler ışığında lineer bir absorbans-süre grafiği çizilmiştir. Grafiğin eğimi kullanılarak PPO enzim aktivitesi Unite/ml (U/ml) olarak Cemeroğlu (2010)'da belirtildiği şekilde hesaplanmıştır.

3.2.7.6. 5- Hidroksimetilfurfural (5-HMF) Tayini

Üzüm sularında 5-Hidroksimetilfurfural tayini IFFJP (1985) tarafından belirtildiği şekilde barbiturik asit, *p*-toluidin çözeltisi ve HMF arasındaki reaksiyon sonucu oluşan ve HMF konsantrasyonuna bağlı olarak değişen kırmızı renkli bileşiğin absorbansının 550 nm de spektrofotometrede okunması prensibine dayanmaktadır.

Uygulanan işlemlerin 5-HMF bileşiği oluşumuna etkisinin incelenmesi amacıyla seyreltme işlemi yapılan üzüm suyu örneklerinden test tüpüne alınarak üzerine *p*-toluidin ilave edilmiş çalkalama işlemi sonrasında barbiturik asit ilave edilerek tekrar karıştırılmıştır. Barbiturik asit ilavesi sonrası reaksiyonun çok kısa bir sürede maksimum absorbansa ulaşması nedeniyle işlemler hızlıca yapılarak kırmızı renkli son ürünün absorbansı hazırlanan şahit çözeltiliye karşı 550 nm de spektrofotometrede (UV-Mini 1240, Shimadzu, Kyoto, Japonya) ölçülmüştür. Her bir örnek için aşağıdaki eşitlik kullanılarak örneğin içerdiği HMF miktarı hesaplanmıştır (3.6).

$$HMF, \frac{mg}{L} = 162 \times (A) \quad (3.6)$$

3.2.7.7. *trans*-Resveratrol Miktarı Tayini

Üzüm suyu örneklerinin içerdikleri resveratrolün kantitatif analizleri, Adıgüzel-Çaylak ve ark. (2008) tarafından belirtildiği şekilde HPLC (Yüksek Performans Sıvı Kromatografisi) cihazında gerçekleştirilmiştir. Örneklerin *trans*-resveratrol miktarları belirlenirken öncelikle cihaz kalibrasyonu, *trans*-resveratrol pikinin alıkonma zamanının (retention time) saptanması ve *trans*-resveratrol standardına ait eğrinin belirlenmesi amacıyla standart kullanılarak stok çözelti, bu işlemi takiben stok çözülden seyreltme ile farklı konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanmıştır.

Üzüm sularının içerdiği resveratrol konsantrasyonlarının kantitatif analizi için, LC-10 AT Liquid Chromatography (LC) pompası (kuarterner gradient pompa) ve degazer (DGU-14A) ünitelerini içeren Prominence Modular LC20A HPLC cihazı (Shimadzu, Tokyo, Japonya) ve PDA (Photodiode Array Detector) dedektör kullanılmış, durağan faz olarak ise Intersil ODS 3, 5µm (250 * 4.6 mm I.D.) kolon seçilmiştir.

Sıvı faz olarak kullanılan asetonitril ve su ile stok çözelti ve seyreltmelerde kullanılan metanol kromatografik saflıkta temin edilmiştir.

Stok çözelti hazırlamak amacıyla 0.00125 mg *trans*-resveratrol standardından tartılarak 25 ml metanolde çözülmüştür. 50 ppm lik stok çözülden metanol ile seyreltme yapılarak 0-10 mg/L arasında farklı konsantrasyonlarda (0.5, 1, 2.5, 5, 10 ppm) *trans*-resveratrol standart çözeltileri hazırlanmış ve kalibrasyon serisi aralığı, beyaz üzüm sularında bulunması muhtemel maksimum ve minimum değerler gözetilerek belirlenmiştir.

Resveratrol miktarları belirlenecek üzüm suları membran filtreden (Membrane filters, M.E. Cellulose 0,45 µm, 47 mm çap) geçirildikten sonra 20 µl olacak şekilde cihaza enjekte edilmiştir. Mobil faz olarak filtrasyon ve deaerasyon işlemleri yapılmış 65:35 asetonitril-su, 1 ml/dakika akış hızında sisteme verilmiştir. Resveratrol piki, 289 nm dalga boyunda PDA dedektör kullanılarak elde edilmiştir. Kalibrasyon eğrisi yardımıyla resveratrol içeren üzüm sularında kantitatif analiz yapılarak sonuçlar mg cinsinden hesaplanmıştır.

Resveratrol standardı için elde edilen kromatogram üzerindeki piklerin alıkonma süresi 8.08 dakika olarak belirlenmiş, bu süre ile kıyaslanarak işlem uygulanan beyaz üzüm sularının resveratrol içerip içermediği ve içeriyorsa pikin alanından yararlanılarak hangi miktarda içerdiği belirlenmiştir.

3.2.7.8. Furan Analizi

Ürünün içerdiği şekerin çeşidine göre değişmekle birlikte fruktoz başta olmak üzere karbonhidrat varlığı, asidik ortam, ısı uygulamalar ve UV ışınlama gibi işlemler, farklı yol izleri üzerinden furan oluşumunu tetikleyen faktörlerdir. Furan oluşum mekanizması üzerine, yalnızca UV-C ışınlama sonrasında şekerlerin pirolizi değil aynı zamanda ısı pastörizasyon gibi işlemler sonucu karbonhidratların bozunması ile serin, sistein gibi aminoasitlerin parçalanması, askorbik asidin ayrışması, çoklu doymamış yağ asitleri ve karotenoidlerin oksidasyonu gibi mekanizmalar ve depolama işlemi etkilidir (Fan ve Geveke 2007, Bule ve ark. 2010, Ros-Polski ve ark. 2016).

Üzüm sularında UV uygulaması ile oluşabilecek furan miktarları belirlenirken furan standardı ile hazırlanan stok çözeltiden belirli oranlarda seyreltilerek kalibrasyon grafiği hazırlanmıştır. Üzüm suyu örneklerinin içerdikleri furan konsantrasyonlarının kantitatif analizleri GC/MS (Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi) kullanılarak FDA (2004) tarafından belirtildiği şekilde tayin edilmiştir.

Furan stok standardı hazırlamak için, 20 ml metanol içeren headspace vial 50 µl furan standardı enjekte edilerek 2.50 mg/ml furan stok standardı hazırlanmıştır. Stok çözeltiden 250 µl alınarak 20 ml su içeren vial aktarılmış ve çalışma standardı hazırlanmıştır. Furan içeriği tespit edilecek örneklerden 5 ml alınarak 5 ml su içeren vial ilave edilmiş ve GC-MS'te okuma yapılmıştır.

3.2.7.9. Kül içeriği (%)

Üzüm sularının kül içeriği, gravimetrik metot kullanılarak Anonim (2000)'e göre yapılmıştır. Kurutulmuş ve darası alınmış porselen krozeeye yaklaşık 1 gram üzüm suyu örneği tartılarak öncelikle kurutma dolabında 105° C'de bir miktar suyu uçurulmuş sonrasında 550°

C’de gri-beyaz kül kalana kadar yakma işlemine tabi tutulmuştur. Sonuçlar aşağıdaki eşitlikte gösterildiği şekilde kuru ağırlık bazında % kül içeriği olarak hesaplanmıştır (3.7, 3.8).

$$\text{Kuru ağırlıkta kül oranı, \%} = \left(\frac{\text{Yaş ağırlıktaki kül oranı}}{\text{Örneğin toplam kuru madde içeriği, \%}} \right) \times 100 \quad (3.7)$$

$$\text{Yaş ağırlıktaki kül oranı, \%} = \left(\frac{m_2}{m_1} \right) \times 100 \quad (3.8)$$

m_1 : Tartılan örnek miktarı, g

m_2 : Örnekte yakma işlemi sonucu kalan kül miktarı, g

3.2.7.10. Brix

Üzüm sularındaki toplam suda çözünebilir kuru madde (%) miktarı, refraktometre (Hannah Instruments, Portable meters) ile belirlenmiştir (Anonim 2012). Refraktometrenin ölçüm yapılacak haznesi öncelikle saf su ile kalibre edilmiş sonrasında okuma yapılacak meyve suyu örneğinden hazneye boşluk kalmayacak şekilde bir damla ilave edilerek okuma işlemi yapılmıştır.

3.2.7.11. pH Değeri Analizi

pH değeri ölçülecek üzüm sularından 25 ml behere ilave edilmiş ve Brenes ve ark. (1995) tarafından belirtildiği şekilde pHmetre ile ölçüm yapılmıştır (Hannah instruments Hi, 2211-02).

3.2.7.12. Titrasyon Asitliği Analizi (%)

Üzüm sularındaki toplam asitliği belirlemek amacıyla titrasyon asitliği Cemeroglu 2010’da belirtildiği şekilde yapılmıştır. Asitliği tayin edilecek üzüm suyu örneğinden belirli miktarda alınmış ve üzerine fenolftalein indikatöründen birkaç damla ilave edilmiştir. Sonrasında ayarlı 0,1 N NaOH ile titre edilerek titrasyon için harcanan sarfiyat kaydedilmiştir ve aşağıdaki eşitlikten yararlanarak % asitlik tartarik asit cinsinden hesaplanmıştır (3.9). Eşitlikte eşdeğer asit miktarı, üzüm suyunda hakim asit olan tartarik asit için 0.007505 olarak alınmıştır (Cemeroglu 2010).

$$\% \text{ Titrasyon Asitliği} = \left(\frac{V \times f \times E}{M} \right) \times 100 \quad (3.9)$$

Eşitlikte;

V: Harcanan 0.1 N NaOH miktarı, ml

f: Titrasyonda kullanılan 0.1 N NaOH'in faktörü

E: 1 ml 0.1 N NaOH'in eşdeğeri asit miktarı, g

M: Titre edilen örneğin gerçek miktarı, ml

3.2.7.13. Renk Analizi

Üzüm sularının renk analizi, Tekirdağ Bağcılık Araştırma İstasyon Müdürlüğünde bulunan spektrofotometre cihazı (CM-5, Konica Minolta spektrofotometre) kullanılarak yapılmış ve sonuçlar CIE sisteminde renk değerlerini tanımlayan L^* a^* b^* değerleri 400-700 nm arasında ölçülmüştür (Brenes ve ark. 1995, Harder ve ark. 2009).

Bu sistemde; L^* aydınlık değerini gösterir ve ($L^*=100$) tam beyaz ile ($L^*=0$) tam siyah arasında değişir. Renk koordinatları olan a^* ve b^* değerlerinden, $+a^*$; kırmızı ve (0-100 arasında), $-a^*$ ise yeşil (0-80 arasında), $+b^*$; ise sarı (0-70 arasında), $-b^*$ ise mavi (0-80 arasında) rengi ifade etmektedir. Bununla birlikte, L^* , a^* ve b^* değerleri referans alınarak örneğin toplam renk değişimi (ΔE) değerleri, aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (3.10).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2)} + \sqrt{(\Delta a^2)} + \sqrt{(\Delta b^2)} \quad (3.10)$$

Üzüm suyu örneğlerinin işlem öncesi ve sonrası ile işlemler sonrasındaki 14 günlük depolama periyodu boyunca renk değişimleri analiz edilmiştir. Buna ek olarak kontrol örneği ve bu örnekte depolama süresince meydana gelen renk değişimleride belirlenmiştir. Cihazda bir örneği temsil edecek şekilde 3 farklı okuma yapılmıştır.

3.2.7.14. Duyusal Analiz

Araştırmada üzüm sularının duysal analizi, puanlama test tekniğine göre Altuğ ve Elmacı (2005)' da belirtildiği şekilde 5'li puanlama skalası kullanılarak gerçeleştirilmiştir.

Bu amaçla yaşları 18-35 arasında değişen 13 eğitilmiş panelist kullanılmış ve analiz öncesinde panelistlere meyve sularının duyuşal kalite özellikleri, araştırma içeriği, duyuşal parametrelerin değerlendirilmesi konusunda eğitim verilmiştir. Bununla birlikte panelistlere en beğenilen/beğenilmeyen örnekler ile en kabul edilebilir/edilemez örnekleri yazarak nedenlerini yorumlamaları da istenmiştir.

Duyusal analiz değerlendirme çizelgesi Ek-1'de verilmiştir. Üzüm sularının duyuşal analizinde panelistler, her bir örnek için görünüş, renk, koku ve tat olmak üzere 4 adet duyuşal parametreyi, 5'li puanlama skalası kullanarak değerlendirmiştir. Ek-1'de görüldüğü üzere, her bir örnek için düzenlenen duyuşal değerlendirme bölümüne, en olumsuz ifade 1 ve en beğenilen ifade 5 olacak şekilde bir değerlendirme tablosu oluşturulmuştur.

Duyusal analizde, her bir örneğin değerlendirilmesinde yaklaşık 25 ml örnek kullanılmıştır. Duyusal değerlendirme sonrasında örneklerin puanlanan her bir özelliği için aldığı puanlar çizelgeye aktarılarak ortalama puanlar hesaplanmış ve istatistik değerlendirmeye alınmıştır. Denemeler 3 tekerrür olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

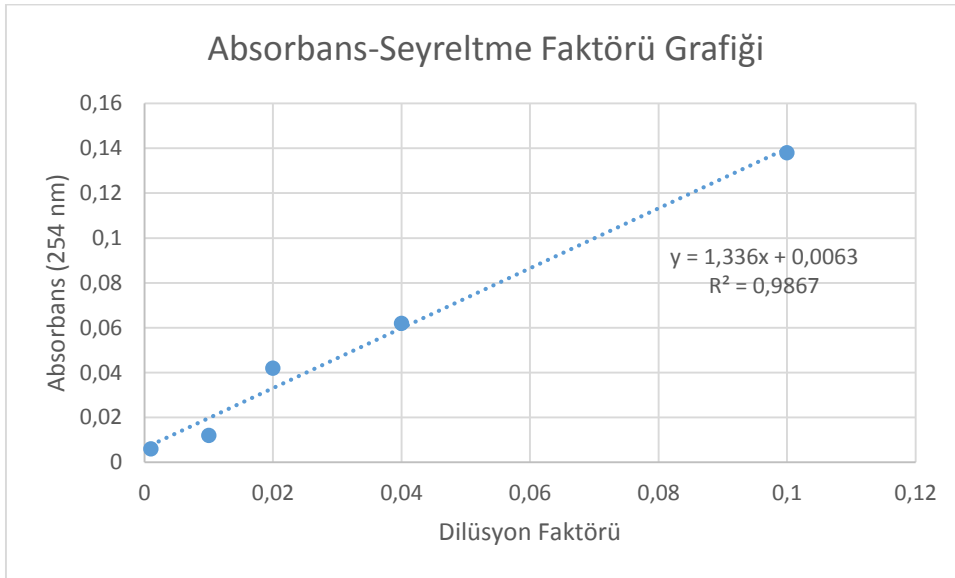
3.2.7.15. İstatistiksel Analiz

Denemeler üç tekerrürlü ve paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Buna göre elde edilen bulgular SPSS for Windows (16.0) paket programı kullanılarak istatistiksel olarak varyans analizi ve Duncan çoklu testi kullanılarak % 95 güven eşiğinde değerlendirilmiştir. Duyusal analiz sonuçlarının istatistiksel analizi ise Altuğ ve Elmacı (2005)'e göre yapılmıştır. Deneme deseninde verilen analizler, 3 tekerrürlü 2 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Üzüm suyunun optik özellikleri

Üzüm suyunun optik özelliklerinin belirlenmesinde, absorpsiyon sabiti, bulanıklık ve yoğunluk değerleri saptanmıştır. Beyaz üzüm suyu için bulanıklık değeri 4,91 NTU, yoğunluk ise 1,0543 g/cm³ olarak belirlenmiştir. Üzüm sularının absorpsiyon sabiti (absorbance coefficient, A_e), dilüsyon faktörüne karşı absorbansların ölçüm grafiğinin eğiminden tahminlenmiştir. Şekil.4.1’de görüldüğü üzere, üzüm suyunun absorbans sabiti 1,336 (1/cm) olarak saptanmıştır.



Şekil.4.1 Üzüm suyunun 254 nm dalga boyunda ölçülen absorbans-seyreltme faktörü grafiği

4.2. Yansımali akış yollu UV-C reaktör tasarımında Reynolds sayısı ve Dean girdabı

Herbir akış debisi için Reynold sayıları ve Dean sayıları hesaplanarak Çizelge.4.1’de verilmiştir. 2,1; 7,6 ve 14 L/h olmak üzere üç farklı akış debisi için boyutsuz Reynolds sayıları sırasıyla 133, 533 ve 1065 olarak hesaplanmıştır. Her üç akış hızında elde edilen akışın Reynolds sayısının $Re < 2100$ olduğu belirlenmiş ve bu değerler ışığında akışın laminar olduğu saptanmıştır.

Helezonik biçimde konumlandırılan sarmal akış yolundaki akış profili olarak bilinen “Dean akışı” ile laminar sıvı akışına ikincil bir akış alanı eşlik etmektedir. Çalışmamızda,

yansımali akış yollu UV-C reaktörde oluşturulan akış sırasında yaratılan Dean girdabına ait Dean sayıları, helisel olarak sarılı akış kanalına ait geometrik veriler ve Reynolds sayısı baz alınarak hesaplanmış ve Çizelge.4.1’de verilmiştir. Dean sayısının artmasıyla sıvıdaki ikincil girdapların artması ve bu sayede sıvının daha iyi karışarak ışına tek düzeliğe yakın ve etkin bir biçimde maruz kalması sağlanmıştır.

Çizelge 4.1. Farklı üzüm suyu akış debilerinde elde edilen Reynolds ve Dean sayıları

Akış debisi (L/h)	Reynolds sayısı	Dean sayısı
2.1	133	54
7.6	533	218
14	1065	435

4.3. UV-C dozimetri sonuçları

UV ışın şiddeti (I_0), 22.3 mW/cm^2 , reaktör hacmi ise 50.5 ml (50.5 cm^3) olarak hesaplanmış, akış kanalının uzunluğu (L), 3574 mm (yaklaşık 3.5 m) olarak belirlenmiştir. Peristaltik pompa kullanılarak ayarlanan 3 farklı debi ($10, 40$ ve 80 rpm) için bölüm 3.3.2’de belirtildiği şekilde UV dozları hesaplanarak dozlar, mJ/cm^2 olarak Çizelge 4.2’de verilmiştir. Her bir debi için üzüm sularının akış kanalını geçiş süresi belirlenmiş ve hızlar $10, 40$ ve 80 rpm için sırasıyla $0.04, 0.16$ ve 0.33 m/s olarak belirlenmiştir (Çizelge.4.2).

Çizelge 4.2. Ortalama UV-C ışın şiddetine (I_{avg}) göre hesaplanan UV-C dozları (mJ cm^{-2})

Pompa devir sayısı (rpm)	Akış hızı, v , (m/s)	Akış debisi (L/h)	UV-C doz (mJ cm^{-2})
10	0.04	2.1	1598
40	0.16	7.6	441
80	0.33	14	239

4.4. Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Üzüm Sularının Mikrobiyolojik Yüküne Etkisi

4.4.1. Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Yüküne Etkisi

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV-C ışına maruz kalan üzüm sularının toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayısındaki değişimler Çizelge 4.3'te verilmiştir. Uygulanan ısı ve ısı olmayan işlemler sonrası TMAB sayılarındaki azalmalar, istatistiksel açıdan değerlendirilerek uygulanan işlemlerin kontrol örneklerine kıyasla meydana getirdiği değişim incelenmiş buna ek olarak, uygulanan işlemlerin TMAB sayısında meydana getirdiği % azalma değerleri kullanılarak, işlemlerin TMAB yüküne etkileri arasında da değerlendirme yapılmıştır.

Çizelge 4.3. İşlemlerin Üzüm Sularının Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı (log kob/ml) Üzerine Etkisi

İşlem*	İşlem Öncesi (Kontrol)	İşlem Sonrası	% Azalma**
Pastörizasyon	1.53±0.4 ^a	0.33±0.72 ^b	92
UV-C doz-1598 mJ cm ⁻²	6.7±1.4 ^a	2.5±1.5 ^b	99.99
UV-C doz-441 mJ cm ⁻²	6.7±1.4 ^a	1.7±0.7 ^c	99.99
UV-C doz-239 mJ cm ⁻²	6.7±1.4 ^a	1.3±0.7 ^c	99.99
γ-3kGy	2.66±1.4 ^a	1.20±0.76 ^b	96
γ-5kGy	2.66±1.4 ^a	0±0.1 ^c	99.99

*a,b,c Aynı satırda bulunan harfler, her işlemin kontrol örneğine göre istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi kontrol örneği ile kıyaslanmaktadır. Pastörizasyon işlemi için tek satır, UV işlemi için üç satır ve gamma radyasyon için iki satır, kendi aralarında değerlendirilmektedir (p<0.05).

**İşlemlerin TMAB sayılarında meydana getirdiği % azalma değerleri kob/ml değerleri baz alınarak hesaplanmıştır.

Çizelge.4.3 incelendiğinde, pastörizasyon, uygulanan farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV-C ışınlama uygulamaları sonrası, üzüm sularının toplam mezofilik aerobik bakteri sayılarının belirli düzeyde azaldığı saptanmıştır. Pastörize edilen örneklerde azalma 1.20 log kob/ml olarak elde edilirken Ultraviyole-C (UV-C) uygulaması ile bu azalma 4.24-5.41 log kob/ml aralığında, γ radyasyon işlemi sonrasında ise 1.46 – 2.66 log kob/ml aralığında elde edilmiştir. Değerler incelendiğinde, kontrol örneğine kıyasla üzüm sularına

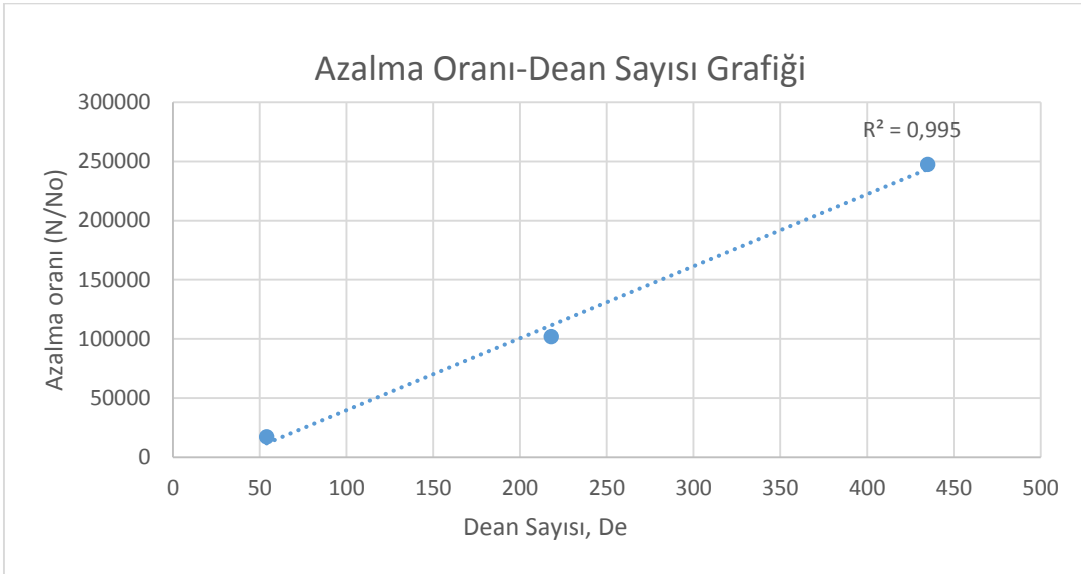
uygulanan tüm işlemlerin, toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayısı üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). TMAB sayısındaki en yüksek log (kob/ml) azalmanın 5.41 log kob/ml ile 239 mJ cm⁻² debide yapılan UV uygulaması olduğu ve söz konusu değer in aynı zamanda UV uygulamasında elde edilen en yüksek inhibisyon değeri olduğu saptanmıştır. UV ışınlama işlemlerinde elde edilen sonuçlara paralel şekilde gamma radyasyon ve pastörizasyon uygulamasının kontrol örneğine kıyasla üzüm sularının bakteri yüküne etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuş ($p<0.05$), uygulanan iki radyasyon dozu (3 kGy ve 5 kGy) arasında da anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Çalışılan üzüm sularının, aynı üzüm çeşidinden farklı zamanlarda elde edilmesi nedeniyle meyve sularının başlangıç yüklerinde (kontrol) farklılıklar ortaya çıkmıştır. Kontrol örneklerinin mikrobiyal yüklerinin işlem bazında farklı olması nedeniyle % azalma miktarları değerlendirmeye alınarak, işlemlerin TMAB sayısı üzerine inaktivasyon etkisinin kontrol örneklerinden bağımsız şekilde belirlenmesi hedeflenmiştir. Azalma değerlerinin karşılaştırılmasında, üzüm sularının içerdiği canlı mikroorganizma sayısı kob/ml değerleri baz alınarak hesaplama yapılmıştır.

Herbir işlemin kontrol örneğine kıyasla meydana getirdiği azalmalar işlemler arasında değerlendirmeye alındığında, üzüm sularının TMAB yüklerinde en yüksek % azalmanın, % 99.99 değeri ile en yüksek doz olan 5 kGy ve tüm dozlarda uygulanan UV-C işlemlerinde meydana geldiği belirlenmiştir. Tüm TMAB yükü yalnızca en yüksek dozdaki gamma ışınlama işleminde inhibe edilmiş daha düşük dozda uygulanan gamma işlemi ise TMAB sayısında % 96'lık bir azalma sağlamıştır. Bununla birlikte, TMAB sayısında meydana gelen en düşük azalma % 92 ile ısı pastörizasyon işleminde elde edilmiştir.

UV-C ışının mikroorganizmalar üzerindeki etkisi, sıvı derinliği ve bulanıklığının yanı sıra özellikle uygulanan UV-C ışın şiddeti ve süre gibi faktörlerden etkilenmektedir (Ünlütürk ve ark. 2008). UV-C ışının üründeki dekontaminasyon etkisi, geleneksel reaktörlerde ürünün maruz kaldığı UV-C ışık şiddetinin artışı ile paralel şekilde artmaktadır. UV-C ışınlama işleminin, üzüm sularının toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı üzerine etkisi, literatür çalışmalarında geleneksel UV-C reaktörlerde elde edilen bulgulara zıt şekilde bir davranış sergilemiş, UV-C dozun azalmasıyla üzüm sularının toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı üzerindeki inaktivasyon etkinliğinin arttığı saptanmıştır. Işın dozu azalmasına rağmen inaktivasyon değerinde elde edilen artışın, akış hızının yükselmesi ile helisel yapıdaki akış

yolunda oluşan ikincil (sekonder) akış girdaplarından kaynaklandığı saptanmıştır. Literatürde, sarmal bir borunun içerisindeki sıvının akış profili yani “Dean akışı” olarak bilinen (Dean 1927) bu etki ile ortaya çıkan ikincil türbülanslar sayesinde, üzüm suyu içerisinde bulunan katı parçacık ve askıda katı maddelerin etkin bir şekilde karıştığı ve sıvı partiküllerinin düzensiz karışması sonucu parçacıkların mikroorganizmalar üzerine yaptığı gölgeleme etkisinin azalması ile inaktivasyon etkinliğini arttırdığı saptanmıştır. Bölüm 4.2’de irdelendiği üzere akış profilinin belirlenmesinde hesaplanan Reynolds sayıları 2100 değerinin altında kalmış (Çizelge.4.1) ve akışın laminar karakterde olduğu saptanmıştır. Reynolds sayısı ve reaktörün geometrik parametreleri kullanılarak hesaplanan Dean sayılarının da akış hızı artışına paralel şekilde arttığı saptanmıştır (Çizelge.4.1). Laminar akışta ikincil türbülans alanlarının oluşmasını sağlayan bu profil, Dean akışının sağlandığı sarmal akış kanalına sahip UV reaktörde akış hızının artışıyla meydana gelen ışına maruz kalma süresinin azalması, dolayısıyla dozda meydana gelen azalmaya karşın inaktivasyon etkinliğinin artışı açıklanmaktadır.



Şekil.4.2 TMAB yükünde meydana gelen azalma oranının (N/No) Dean sayısına göre değişimi

Akış rejimi, sıvı gıdaların ışınlandığı sürekli akış UV reaktörlerinde mikroorganizmaların öldürülmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Koutchma ve ark. 2007). Şekil.4.2 incelendiğinde, Dean sayısında meydana gelen artışın TMAB yükünde meydana gelen azalma oranında (N/No) artışa neden olduğu görülmektedir. Literatürde Dean akışın sağlandığı UV-C reaktörler incelendiğinde, çalışma verilerimize paralel sonuçlar rapor edilmiştir.

E.coli ve *Bacillus cereus* ile inokule edilen çiğ inek sütü ve ticari olarak tüketilen yağsız süte uygulanan UV-C işleminin, mikroorganizma inaktivasyonu üzerine etkinliğinin belirlendiği çalışmada, iki farklı çapta oluşturulan deneme deseninde, daha düşük çaplı akış kanalında elde edilen inaktivasyon miktarının fazla olduğu rapor edilmiştir (Choudhary ve ark. 2011). Akışın daha dar kanalda meydana gelmesi ile hem daha etkin UV-C ışık penetrasyonu hem de akış hızının artmasıyla sarmal kanalda meydana gelen Dean girdaplarının etkisinin artarak daha kuvvetli bir karıştırma sağlandığı bildirilmiştir. Bununla birlikte Dean akışında meydana gelen girdapların, artan akış kanalı çapının UV-C ışının penetrasyon gücünde meydana getirdiği azalma üzerindeki olumsuz etkiyi engelleyemediği belirtilmiştir.

Elma, portakal ve mürver meyvesi sularının, UV-C ışın ile dayanıklı hale getirilmesinin hedeflendiği çalışmada, Müller ve ark. (2011), Dean girdabı teknolojisine dayalı akış profiline sahip UV-C reaktörde uyguladıkları ışınlama işlemi sonrasında çalışma verilerimize benzer şekilde Dean sayısının artmasıyla ısıya ve aside dirençli *Alicyclobacillus acidoterrestris*, *E.coli* ve *L. plantarum* bakterileri ile *S. cerevisiae* üzerine inaktivasyon etkisinin arttığını saptamışlardır. 2,1 L/h ile 16,8 L/h akış hızları, çalışmamızdaki 2,1-14 L/h akış hızlarına benzer şekilde uygulanmış ve elde edilen Dean sayıları ise (32-256) çalışmamızda elde edilenlere kıyasla daha düşük değerlerde kalmıştır. Uygulanan UV-C doz değerleri 37-187 mJ/cm² olarak belirlenmiş ve azalmalar artan doz ile birlikte 6 log değerine kadar yükselmiştir. Çalışmada, artan akış hızlarının Dean sayısında artışa yol açtığı ve söz konusu artışında UV-C ışının mikroorganizmalar üzerinde yarattığı tahribatı da önemli bir şekilde arttırdığı rapor edilmiştir. Bu sayede, UV-C ışığın nüfuz etme kabiliyetini azaltan meyve parçacıkları ve çözünmüş parçacıkların etkisinin, Dean girdapları ile sağlanan etkin bir karıştırma ile azaltılabildiği belirtilmiştir. Bununla birlikte dezavantaj olarak görülen viskozitenin de ikincil girdaplar ile etkisinin azaltılabildiği belirtilmiştir.

Tran ve Farid (2004), portakal sularında mikrobiyal inaktivasyonun sağlanması amacıyla yaptıkları çalışmada, 40 cm uzunluğunda, 6 W gücünde UV-C (254 nm) ışık yayan düşük basınçlı UV lamba ile aynı eksende konumlandırılmış 50 mm çap ve 450 mm uzunlukta dikey bir cam tüp içerisinde yer çekimi etkisiyle akışın sağlandığı reaktörde, 0.6 l/dk akış hızında, 0.21- 0.48 mm arasında değişen meyve suyu derinliğinde UV ışınlama işlemi gerçekleştirmişlerdir. Portakal suyuna uygulanan UV-C dozunun artmasıyla toplam

aerobik bakteri sayısındaki azalmada artış gözlenmiş ve 123 mJ/cm² doz uygulaması ile % 97.8 lik bir azalma sağlanmıştır.

İçerisinde UV-C lamba (75 W) bulunan kuartz cam tüpün dış yüzeyine, iç hacmi 160 ml olan politetrafloroetilen (PTFE, teflon) yapılmış bir akış yolunun sarmal bir şekilde konumlandırılmasıyla oluşturulan UV-C reaktör kullanılarak 2.7-27.5 J/ml UV-C ışın şiddeti aralığında 4 farklı dozda (2.7, 5.4, 9.4, 37.5 J/ml) yapılan uygulamanın, karpuz suyunun toplam aerobik bakteri, maya-küf ve koliform sayılarındaki azalmaya ve bazı kalite kriterlerine etkisinin değerlendirildiği çalışmada, toplam aerobik ve koliform bakteri sayılarında en yüksek UV ışın şiddetinde (37.5 J/ml) elde edilen inaktivasyon değerleri sırasıyla 1.47 ve 2.6 log kob/ml olarak bulunmuştur (Feng ve ark., 2013). Tüm işlemler için mikrobiyal yükte elde edilen azalmalar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). İnaktivasyon değerleri çalışmamızla kıyaslandığında 2 log kob/ml değerlerinin altında kalarak yüksek bir inaktivasyon sağlanmamış olsa da, UV ışın şiddetinin artmasıyla mikrobiyal inaktivasyon miktarının arttığını gösteren çalışma bulguları bu bakımdan çalışmamızda elde edilen bulgular ile paralellik göstermiştir. Ancak elde edilen azalma değerleri, çalışmamızla kıyaslandığında, araştırmada kullanılan en düşük dozun, çalışmamızda en yüksek inaktivasyon değerinin sağlandığı doz olan 239 mJ/cm² değerinin yaklaşık 100 katı olması, geleneksel reaktörlere kıyasla Dean girdabı prensibine göre çalışan reaktörlerin etkinliği konusunda bir fikir verebilmektedir.

Keyser ve ark. (2008), kuartz bir kılıf tarafından korunan 30 W UV-C çıkış gücüne sahip UV-C lamba içeren UV-C reaktör kullanarak sistemin etkinliğini ve etkin UV dozu belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, farklı meyve suları ve meyve nektarları üzerinde 11 farklı UV dozu (23.40-2339.82 mJ/cm²) denemişlerdir. En düşük UV dozunda dahi elma suyunda 3.5 log luk azalma sağlayarak tüm toplam aerobik bakteri sayısını inhibe ettiği, inokule edilen *E. coli* sayısında da yaklaşık 5 log kob/ml lik azalma sağlandığı rapor edilmiştir. Elma suyunun berrak yapısı ve bu sayede UV ışığın meyve suyunda derinlere kolayca nüfuz etmesi bu azalmada etkili olmuştur. Çalışmamızda kullanılan beyaz üzüm suyunda UV ışınlama sonucu toplam aerobik bakteri sayısında elde edilen yaklaşık 4.00 log kob/ml lik azalma da üzüm suyunun elma suyuna benzer yapısı ve ışığın üzüm suyunda derinlere nüfuz edebilme yetisi ile açıklanabilir. Aynı çalışmada toplam aerobik bakteri sayılarında guava-ananas meyve sularında 3.31 log (1377 J l⁻¹), çilek ve mango nektarlarında daha yüksek UV dozlarında sırasıyla 1.40 ve 1.32 log luk azalma, portakal suyunda ise en

yüksek UV dozlarında dahi 0.9 log kob/ml lik azalma elde edilmiştir. Azalmaların elma suyuna göre düşük seviyelerde kalmasının nedeni olarak, söz konusu meyve sularının elma suyu kadar berrak olmaması ve nektarların meyve sularına göre daha konsantre yapıda olmaları gösterilmektedir. Çalışmada, elma suyu gibi berrak ve açık renkli meyve sularında daha düşük UV dozları kullanılarak istenilen mikrobiyal etkinin sağlanabileceği, portakal suyu ve tropikal meyve suları gibi içerisinde hücre ve lifleri içeren meyve sularında aynı etkiyi sağlamak için daha fazla UV dozuna ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır. Bu ihtiyacın nedeni ise söz konusu maddelerin mikroorganizmalar üzerine koruyucu bariyer gibi davranarak mikroorganizmaların ışıklardan korunması olarak gösterilmektedir. Çalışmamızda koruyucu bariyer görevi görecekt hücre ve lifleri az miktarda içeren berrak görünüme yakın beyaz renkli üzüm suyu ile çalışılması yüksek dozlarda UV ışınlamaya ihtiyaç duyulmamasını açıklamaktadır. Bunun yanı sıra pompa ile sağlanan yüksek debi ile elde edilen Dean girdabı oluşan ikincil türbülans sayesinde, sıvının etkin bir şekilde çalkalanmasını sağlayarak gölgeleme etkisi yaratma potansiyeli bulunan parçacıkların mikroorganizmalara koruyucu olarak davranmasını engellemiştir. Bununla birlikte kanal yüzeyine yapılan parlatma işlemi sayesinde UV ışınların kanal yüzeyinden yansiyarak üründeki olası gölgede kalan mikroorganizma yüküne ulaşarak daha etkin bir dozlama yapılmasını sağlamıştır.

Çizelge.4.3 incelendiğinde, pastörizasyon işleminde 1.20 log kob/ml azalma saptanmıştır. TMAB sayısındaki log azalma olmakla birlikte TMAB yükünün % 92'sini azaltması bakımından etkili bir işlemdir.

Meyve sularında pastörizasyon normları 65 °C'de 30 dakika, 77 °C'de 1 dakika, 80 °C'de 10-60 saniye olarak seçilebilir. Meyve suları, pH 4.5'in altında asidik ürünler olduğundan patojenler bu pH değerlerinde gelişemezler ve bu tip gıdalarda pastörizasyon işlemi ısıya dirençli enzimler ya da laktik asit bakterileri, maya ve küfler gibi aside toleranslı bozulma yapan mikroorganizmaları hedef almaktadır. Örneğin pektinesteraz gibi enzimler ısıya, Gram +, spor oluşturmeyen bakteri ve mayalardan daha dayanıklı olduğundan meyve sularında yapılan çalışmalar ısıt işlemlerin mikrobiyal inaktivasyona etkisinden ziyade enzimler üzerine yoğunlaşmıştır. Bu nedenle literatürde pastörizasyon işleminin tek başına meyve sularının mikrobiyal inaktivasyonunda kullanımından daha çok ısıt olmayan bir teknolojiyle kombinasyonu üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu eğilimde pastörizasyonun günümüzde halihazırda yaygın bir yöntem olarak kullanılmasında payı bulunmaktadır. Bu

nedenle bu yöndeki literatür çalışmaları, araştırma kapsamında ya UV ısıtma işlemi ile gamma radyasyonun birliktir kullanılması ya da gamma radyasyonun ısıtma işlemiyle birliktir kullanılması temeline sunulmuştur.

UV ışın ile kombine halde kullanılan ısıtma işleminin *Escherichia coli* inokule edilmiş portakal suyunun mikrobiyal yükü üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, 3.4-27.1 J/ml aralığında toplam 8 farklı doz ile 56, 58, 60 ve 62 °C olmak üzere 4 farklı ılımlı ısıtma işlem sıcaklığı kombine halde kullanılmıştır. 25 °C sıcaklıkta en yüksek UV dozunda inaktivasyon miktarı 0.64 log elde edilmesine karşın aynı dozda sıcaklık 55 °C ye getirildiğinde inaktivasyon değeri 6 log a ulaşmıştır. Daha düşük UV dozlarında da sıcaklığında benzer log azalmalar elde edilmesine rağmen düşük dozlarda bile (13.55 J/ml) 40 °C ve üzerindeki sıcaklıklar 6 log tan fazla azalma sağlandığı rapor edilmiştir (Gayan ve ark., 2012). Araştırmacılar 2014 yılında, *Staphylococcus aureus* inokulasyonu yaptıkları bazı ortam ve meyve sularına, UV ışınlatma ve 50-57.5 °C arasında değişen ılımlı ısıtma işlem sıcaklıklarının kombinasyonunun etkisi üzerinde çalışmışlar ve 5 log çevrim azalmayı 52.5 °C sıcaklıkta 3.6 dakika boyunca 27.1 mJ/L veya 55 °C'de 1.8 dakika boyunca 13.6 mJ/L UV dozunda elde etmişlerdir (Gayan ve ark. 2014).

Arjeh ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada fizikokimyasal ve antioksidan özelliklerinin yanı sıra gamma radyasyonun vişne suyunun toplam canlı sayısı ile maya-küf sayıları üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, 0-6 kGy gamma radyasyon doz aralığında 5 farklı doz uygulamışlardır. Uygulanan tüm dozlarda başlangıca göre mikrobiyal yükte azalma sağlanırken 0.5 kGy doz bakteriyel yükü 1 log kob/ml olan saptanma limitinin altına düşürmek için yeterli bulunmuştur. 3 kGy ve üzerindeki tüm dozlar vişne suyunun mikrobiyal yükünün tamamını inhibe etmişlerdir.

Karalahana suyunda bulunan radyasyona dirençli bakteriler üzerine yapılan çalışmada sıklık sonrasında 10⁶ kob/ml olan toplam aerobik bakteri sayısının 5 kGy gamma radyasyon dozu uygulaması sonrasında 10² kob/ml 'ye indiği rapor edilmiştir (Kim ve ark. 2007).

Taze sebze sularının bazı özelliklerine gamma radyasyonun etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, havuç ve karalahana sularına inokule edilen *Salmonella typhimurium* ve *E.coli* inaktivasyonu üzerine üç farklı dozda uygulanan (1, 2, 3 kGy) gamma ışınlatmanın etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Havuç suyunda inokulasyon sonrası başlangıçta 6,6 log kob/ml olan *E.coli* değeri 1 kGy ışınlatma sonrası 2,6 log kob/ml azalmış, 2 kGy lik

uygulama sonrasında ise tamamen inhibe edilmiştir. *E.coli* 'ye göre radyasyona daha dirençli olan *S. typhimurium* ise 1 kGy ışınlama sonrası elde edilen 2,9 log kob/ml lik daha yüksek inhibisyon değerine rağmen 2 kGy ışınlama sonrası 2 log kob/ml değerine indirilebilmiş, havuç suyunda mikroorganizmanın tamamen inhibe edilmesi ancak 3 kGy doz ile sağlanmıştır. Karalahana suyunda havuç suyuna benzer şekilde *E.coli* nin inaktivasyonu için 2 kGy lik doz yeterli olurken 6,9 log kob/ml yükteki *S. typhimurium* için 3 kGy doz uygulaması ile tamamen inaktivasyon sağlanabilmiştir. Çalışmada, *Salmonella* 'nın tamamen inaktif hale gelmesi için 3 kGy ve üzeri dozlar önerilmekte ve radyasyona en dayanıklı Gram negatif gıda kaynaklı patojen bakteri türü olan *Salmonella* için yeterli olan bu dozun, sebze sularındaki diğer Gram negatif bakterileride inhibe edebileceği vurgulanmıştır (Song ve ark. 2006).

Aynı araştırma grubu tarafından (Song ve ark. 2007), gamma radyasyonun taze sıkılmış sebze sularının bazı besinsel ve duyuşsal özelliklerinin yanı sıra toplam aerobik ve koliform grubu bakteriler üzerine etkinliğinin belirlenmesi hedeflenen çalışmada, 4 farklı doz (1, 2, 3 ve 5 kGy) kullanılarak ışınlanmış, taze sıkılmış havuç suyunda hem toplam aerobik bakteri hem de koliform bakteri sayılarında 3 kGy dozda ışınlama sonucu tüm mikrobiyal populasyon inhibe edilmiştir. Başlangıç yüküne göre toplam aerobik bakteri sayısında 1, 2 ve 3 kGy dozlarda sırasıyla 2.40, 3.82 ve 5.96 log kob/ml azalma sağlanmıştır. Karalahana suyunda ise havuç suyundan farklı olarak hem toplam aerobik bakteri hem de koliform grubu bakterilerde tamamen bir inhibisyon sağlanamamış, denenen dozların en yüksek olan 5 kGy dozda toplam aerobik bakteri sayısı ve koliform grubu bakteri sayısında yaklaşık 4'er log kob/ml lik azalma sağlanabilmiştir. Havuç ve karalahana sularındaki aynı dozlarda elde edilen farklı inaktivasyon sonuçları, radyasyonun sağladığı inaktivasyon değerlerinin ortamda bulunan mikrofloraya bağlı olduğunu ve ortamda radyasyona dirençli mikroorganizma varlığının yüksek olmasıyla hedeflenen inaktivasyon değerlerine ulaşamayabileceği başka bir deyişle daha yüksek inhibisyon değerlerine ulaşmak için daha yüksek doz uygulanması gerekliliğini göstermektedir.

Mango suyunun fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine gamma radyasyonun etkisinin incelendiği bir çalışmada, başlangıçta $4.7 * 10^4$ - $7.2 * 10^5$ kob/ml toplam aerobik bakteri sayısına sahip mango suları, 0.5, 1 ve 3 kGy olmak üzere üç farklı doz kullanılarak ışınlanmış ve en düşük doz olan 0.5 kGy sonrasında önemli ölçüde azalmıştır. 3 kGy lik doz ise meyve sularındaki tüm toplam aerobik bakteri sayısını inhibe etmiştir (Naresh ve ark. 2015).

Lee ve ark. (2009)' nın hint hurmasından elde edilen tüketime hazır meyve suyuna uyguladıkları gamma ışınlanmanın, meyve suyunun mikrobiyal yükü ile antioksidan aktivite, şeker oranı ve rengine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, meyve suyuna 1, 3 ve 5 kGy lik üç doz uygulamışlar ve toplam aerobik bakteri sayısında 1 kGy ve üzeri dozlarda 100-200 kob/ml düzeyinde istatistiki açıdan önemli bir azalma sağlamışlardır.

Melek otu ve karalahana sebzelerinden elde edilen sebze sularının mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşsal özellikleri üzerine farklı dozlarda (1, 3 ve 5 kGy) gamma ışınlanmanın etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, başlangıçta yaklaşık 10^6 log kob/ml toplam aerobik bakteri yüküne sahip melek otu suyuna uygulanan gamma radyasyonun etkinliği doz artışına paralel şekilde artış göstermiş ve ışınlama sonrası depolama sürecinde de gelişim yavaş bir şekilde seyretmiştir. Karalahana suyunda ise yaklaşık 10^4 log kob/ml lik başlangıç yükü, 5 kGy ve üzeri dozlarda 2 log çevrimden fazla bir azalma sağlamıştır. Ashibata ve karalahana sularında saptanan yaklaşık 10^2 kob/ml lik koliform yükünün % 90'ı 3 kGy lik ışınlama sonrasında inaktive edilmiş 5 kGy'lik ışınlama sonrası ise tüm canlı koliform sayısı inhibe edilmiştir (Jo ve ark. 2012).

Kiraz domatesin hasat sonrası raf ömrünü uzatmak amacıyla gamma radyasyonun kullanılabilirliğinin araştırıldığı bir çalışmada, çeşitli dozlarda (0.8- 5.7 kGy) ışınlama sonrasında, kiraz domateslerdeki toplam mezofilik bakteri sayısında elde edilen en yüksek inhibisyon değeri % 99.8 lik inaktivasyon etkinliği ile (2.2 log kob/ml azalma) 5.7 kGy dozda elde edilmiştir. Toplam mezofilik aerobik bakteri dışında kiraz domateslere inokule edilen *E. coli*, *S. aureus* ve *S. typhimurium* üzerine radyasyonun etkileri de incelenmiş ve 3.2 kGy dozda sırasıyla 5, 7 ve 11 log kob/ml lik azalma sağlanmıştır (Guerreiro ve ark. 2016).

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı açısından tüm işlemler birlikte değerlendirildiğinde, 5 kGy dozdaki gamma ışınlama işleminin, üzüm suyunun başlangıç TMAB yükünü tamamen inhibe etmesi bakımından en başarılı işlem olduğu, bununla birlikte ortamdaki tüm mikroorganizmaların inaktivasyonunu sağlamamasına karşın UV-C ışınlama dozlarının da % 99.99 azalma sağlayarak TMAB sayısı üzerine etkisinin istatistik açıdan önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). UV-C dozları kendi aralarında meydana getirdiği log azalmalar açısından kıyaslandığında ise orta ve düşük değerdeki UV-C dozlarının TMAB sayısı üzerine etkisi en yüksek doz olan 1598 mJ/cm^2 'den istatistik açıdan önemli şekilde farklı olduğu saptanmıştır ($p \geq 0.05$). Yalnızca UV-C ışınlama işleminde doz artışına ters

şekilde inaktivasyon miktarı azalmıştır. Geleneksel bir dayandırma yöntemi olarak günümüzde yaygın olarak kullanılan pastörizasyon işleminin ise beklenenin aksine UV-C ve en yüksek dozda uygulanan gamma işlemlerinden daha düşük azalma sağlaması, ısıl olmayan işlemlerin ısıl pastörizasyona alternatif olarak önerilmesi açısından önemli bir bulgudur. Bununla birlikte, ısıl olmayan işlemlerde en az azalmanın meydana geldiği 3 kGy gamma ışınlanmanın, ısıl olmayan işlemler açısından etkinliği en az olan işlem olarak görülmesi, gamma ışınlama uygulamasında, yüksek inaktivasyon sağlanması için yüksek gamma ışın dozlarının uygulanması gerekliliğini ortaya koymuştur.

Düşük dozlardaki gamma radyasyon çoğunlukla çiğ ve taze tüketilen gıdalardaki bakteri ve patojenleri azaltmakta etkili bir yöntemdir. FDA tarafından taze meyve ve sebzelerde maksimum doz olarak 1 kGy dozlardaki radyasyon uygulaması onaylanmış ülkemizde yürürlükte bulunan gıda ışınlama yönetmeliğinde ise söz konusu gıdalar için raf ömrünün uzatılması amacıyla maksimum 2.5 kGy 'e kadar gamma radyasyon dozlarına izin verilmiştir.

Salmonella typhimurium gibi gıda enfeksiyonuna neden olan bakteriler *Clostridium botulinum* gibi gıda intoksikasyonuna neden olanlara kıyasla gamma radyasyona karşı daha hassastır ve 3-10 kGy dozlar bu bakterilere zarar vermek için yeterlidir (Guise, 1986, Fellows 1988). Spor oluşturmeyen bakteriler ise diğerlerine kıyasla daha düşük dozlarla inhibe edilebilmekte ve bu sayede gamma ışınlama ile vejetatif hücrelerin azalması sağlanarak gıdanın raf ömrü arttırılmaktadır (Gould 1986, Fellows 1988). Çalışmamızda kullanılan iki doz göz önüne alındığında 3 kGy doz bakteri sayısının yaklaşık % 96'sını azaltırken 5 kGy doz ise tüm toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının tamamını inhibe etmiştir. Yapılan çalışmalar, bakteri yükünün tamamının inhibe edilmemesi halinde dahi radyasyon sonrasında hayatta kalan bakterilerin ısıl işleme karşı daha hassas hale geldiği, böylece radyasyon ve ısıl işlem kombinasyonu ile ışınlama sonrası uygulanacak ılımlı bir ısıl işlem ile daha yüksek miktarda inaktivasyon sağlanabildiğini göstermektedir (Fellows 1988).

Sonuç olarak bakteriyel yük üzerinde ısıl olmayan işlemlerin inaktivasyon etkinliğinin ısıl pastörizasyon işlemine kıyasla fazla olduğu, gamma ışınlama işlemi için dozun artışı ile paralel şekilde etkinin arttığı, UV-C işleminde ise kullanılan reaktörün özelliklerinin etkiyi değiştirebildiği saptanmıştır. Uygun ve etkin bir reaktör tasarımı ile daha az ışın dozu uygulanarak daha yüksek inaktivasyon değerlerine ulaşılabildiği belirlenmiştir. Isıl işlem ile

kıyaslandığında her iki ısı olmayan uygulamanın etkin olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, ısı olmayan işlemlerde dozun azalmasıyla inaktivasyon etkisinin artması nedeniyle UV-C ışınlama işleminin gamma ışınlamadan daha tercih edilebilir olması olasıdır.

4.4.2. Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Fungal Yüke Etkisi

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV-C ışına maruz kalan üzüm sularının maya-küf sayısındaki değişimler Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge.4.4 incelendiğinde, pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV-C ışınlama işlemleri sonrasında üzüm sularının maya-küf sayısının belirli düzeyde azaldığı görülmüştür. Pastörize edilen örneklerde bu azalma 1,86 log kob/ml iken Ultraviyole-C (UV-C) uygulaması ile bu azalma 4,71- 4,86 log kob/ml, γ radyasyon uygulamasında 1,58- 2,58 log kob/ml olarak bulunmuştur. Sağlıklı bir meyveden üretilen meyve suyunun ml sinde 1000 (3 log kob/ml) ile 100000 (5 log/kob/ml) maya yükü bulunduğu belirtilmiştir (Vasavada ve Heparan 2002). Veriler incelendiğinde, bu bilgiyi doğrular şekilde, başlangıç fungal yükünün (maya ve küf sayısı) 1.86 ile 6.56 log kob/ml aralığında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.4. İşlemlerin Üzüm Sularının Küf-Maya Sayısı (log kob/ml) Üzerine Etkisi

İşlem *	İşlem Öncesi (Kontrol)	İşlem Sonrası	% Azalma
Pastörizasyon	1.86±0.8 ^a	0±0.2 ^b	99
UV-C doz-1598 mJ cm ⁻²	6.56±1.3 ^a	1.78±0.6 ^b	99.99
UV-C doz-441 mJ cm ⁻²	6.56±1.3 ^a	1.85±0.9 ^b	99.99
UV-C doz-239 mJ cm ⁻²	6.56±1.3 ^a	1.70±0.2 ^b	99.99
γ -3kGy	2.58±1.2 ^a	1.00±0.7 ^b	97
γ -5kGy	2.58±1.2 ^a	0±0.1 ^c	99.99

* Aynı satırda bulunan harfler, her işlemin kontrol örneğine göre istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi kontrol örneği ile kıyaslanmaktadır. Pastörizasyon işlemi için tek satır, UV işlemi için üç satır ve gamma radyasyon için iki satır, kendi aralarında değerlendirilmektedir (p<0.05).

** İşlemlerin maya-küf sayılarında meydana getirdiği % azalma değerleri, kob/ml değerleri baz alınarak hesaplanmıştır.

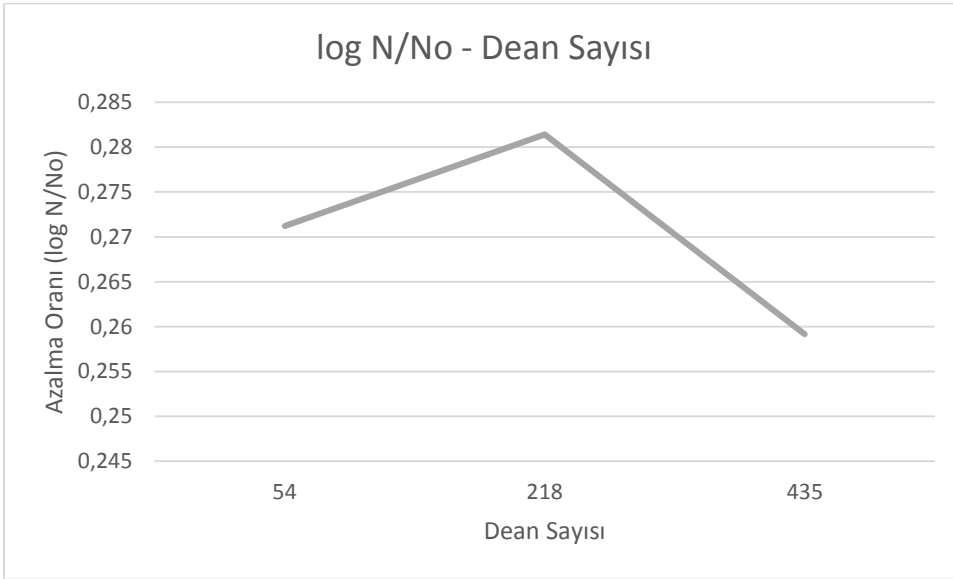
Çizelge.4.4 incelendiğinde, uygulanan işlemler sonrasında fungal yükteki en yüksek azalmanın 4.86 log kob/ml ile TMAB sayısındaki azalmaya benzer şekilde 239 mJ cm⁻² dozda

uygulanan UV-C ışınlama işlemi sonrasında olduğu görülmektedir. 239 mJ cm⁻² dozda elde edilen inhibisyon değeri aynı zamanda tüm işlemlerde elde edilen en yüksek inaktivasyon değeri olması açısından önemlidir. Üzüm sularının, aynı üzüm çeşidinden farklı zamanlarda elde edilmesi nedeniyle meyve sularının başlangıç yüklerinde (kontrol) farklılıklar ortaya çıkmıştır. İşlemlerin bakteri yüküne etkisi üzerine yapılan değerlendirmeye benzer şekilde, söz konusu farklılık nedeniyle işlemler, elde edilen logaritmik azalma değerlerine göre kendi içerisinde istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Bununla birlikte kontrol örneklerindeki farklılıklardan bağımsız şekilde işlemler arasında bir değerlendirme yapılabilmesi amacıyla, üzüm sularının içerdiği canlı mikroorganizma sayıları (kob/ml) baz alınarak fungal yükteki yüzde azalma değerleri (%) hesaplanmıştır.

Herbir işlem kendi kontrol örneği ile kıyaslandığında üzüm sularına uygulanan tüm işlemlerin, fungal yük üzerinde istatistiksel açıdan önemli bir azalma sağladığı belirlenmiştir (p<0.05). Üç farklı dozda uygulanan UV-C ışınlama işleminin, kontrol örneği ile kıyaslandığında fungal yük üzerine istatistiksel açıdan önemli bir etkisi bulunmuştur (p<0.05). Pastörizasyon işleminin kontrol örneğindeki maya-küf miktarını tamamen inhibe ettiği belirlenmiştir. Gamma radyasyon uygulamasının da kontrol örneğine kıyasla maya-küf sayısı üzerine etkisi önemli bulunmuş (p<0.05), uygulanan iki radyasyon dozu arasındaki farkında istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Çalışmada kullanılan üzüm suyunda bulunan maya küf yükünün tamamen inhibe edilmesi için 5 kGy dozun yeterli olduğu saptanmıştır.

Uygulanan işlemlerin maya-küf sayısı üzerine etkileri arasındaki farklılıklar değerlendirildiğinde, 5 kGy dozda uygulanan gamma ışınlama ile pastörizasyon işleminin kontrol grubu örneklerinin fungal yükünü tamamen inhibe ettiği belirlenmiştir. 3 farklı dozda uygulanan UV-C ışınlama işleminin, fungal yükte % 99.99 azalma meydana getirdiği, en yüksek dozda uygulanan gamma ışınlama işleminde de aynı % azalmanın elde edildiği görülmüştür. Düşük dozda yapılan gamma ışınlama işleminin ise TMAB sayısındakine benzer şekilde ısı ve ısı olmayan işlemlere kıyasla daha düşük inhibisyon değerlerinde kaldığı (% 97) belirlenmiştir. Fungal yük üzerine etkisi açısından yüksek dozda uygulanan gamma ışınlama ile tüm dozlarda uygulanan UV-C ışınlama işleminin en yüksek % azalmayı sağladığı bununla birlikte diğer işlemlerinde azalma değerlerinin % 95'in üzerinde olduğu saptanmıştır. Yüksek azalma meydana gelmesine rağmen gamma ışınlama işleminde dozun artışı ile inaktivasyon etkinliğinin arttığı ve dozlar arasında fungal yüke etki açısından

istatistiksel farklılık olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). TMAB sayısındaki benzer bir inaktivasyon artışı, dozun bir miktar artmasıyla elde edilmiş ancak TMAB sayısı üzerindeki etkiden farklı şekilde, UV-C dozlarının fungal yükte etkisi üzerinde istatistik açıdan bir fark saptanmamıştır ($p \geq 0.05$). Bakteri yükünde ışınlanma sürelerinin azalmasıyla artan etki, fungal yük için dozun bir miktar artışında etkili olmuş ancak önemli bir azalma oranı sağlamamıştır. Bu etkinin fungusların ışınlamaya karşı bakterilerden daha dirençli olması nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir. Önemli bir fark olmamasına rağmen dozun azalmasıyla inaktivasyon oranında meydana gelen değişimin bakteriyel yükte benzer şekilde Dean sayısının artışından kaynaklandığı saptanmıştır. Üzüm sularının farklı sürelerde ışınlanması sonrasında Dean akışının sağlandığı sarmal akış kanalına sahip UV reaktörde, artan Dean sayısına karşı fungal yükte meydana gelen azalma oranları (N/No) Şekil.4.3’de verilmiştir. Laminar akışta ikincil türbülans alanlarının oluşmasını sağlayan bu profil, akış hızının artışıyla meydana gelen ışına maruz kalma süresinin azalması, dolayısıyla dozda meydana gelen azalmaya karşı inaktivasyon etkinliğinin artışı açıklanmaktadır.



Şekil.4.3 Fungal yükte meydana gelen azalma oranının (N/No) Dean sayısına göre değişimi

Literatür verileri incelendiğinde, araştırma sonuçları geleneksel reaktörlerle yapılan çalışma sonuçlarından farklılık göstermektedir. Keyser ve ark. (2008) UV-C ışığın çeşitli meyve sularında mikrobiyal inaktivasyona etkisini araştırdıkları çalışmada, UV-C radyasyon dozu arttıkça küf ve maya sayısındaki azalmada artış saptamışlardır. UV-C radyasyonun artmasıyla farklı meyve sularında 2.36 log kob/ml’ye kadar bir azalma sağlandığı rapor edilmiştir. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısında elde edilen bulgulara benzer şekilde

üzüm sularının fungal yükü, azalan doz ile artmış bu artışın sebebi olarakta yukarıda belirtildiği şekilde, reaktörde akış hızının artması ile dar kanalda akışa zorlanan üzüm suyunun içerisinde meydana gelen ikincil girdaplar sayesinde daha etkin karıştırılması ve bu sayede üzüm suyunda ışınlanmamış alanın kalmaması yönünde açıklanmıştır.

Valero ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada, hasat edilen üzümlerin UV radyasyonuna maruz kalması sonucu, depolama boyunca ya da sonrasında kontamine olan küflerin çimlenmesini engelleyebildiği belirtmişlerdir.

Farklı üzüm suları ve şaraplarda yaygın olarak karşılaşılan mayalar, laktik asit bakterileri ve asetik asit bakterileri üzerine UV-C ışınlamanın etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, üzüm suları ve şaraplara farklı miktarlarda mikroorganizma inokulasyonu yapılmış ve 7 farklı doz ışın uygulanarak ışının inaktivasyon etkinliği incelenmiştir. *Saccharomyces cerevisiae* ve *Brettanomyces bruxellensis*'e uygulanan en düşük UV dozunda sırasıyla 0.47 ve 1.07 log kob/ml olan inaktivasyon miktarı, dozun iki katına çıkarılmasıyla 1.24 ve 4.02 log kob/ml 'ye yükselmiştir. Dozun başlangıca göre üç katına çıkarılmasının ise *Saccharomyces cerevisiae* 'nın tamamen inaktif hale gelmesi için yeterli olduğu rapor edilmiştir. Chenin blanc şaraplık üzüm suyuna yapılan *Saccharomyces cerevisiae* inokulasyonu sonrasında, DNA onarım sisteminde UV-C ışına dayanıklı protein içermesine rağmen uygulanan UV ışınlama ile (1377 J/l) 5.38 log kob/ml gibi yüksek bir inaktivasyon değeri elde edilmiştir (Frederick ve ark. 2011). Çalışmamızdan farklı şekilde araştırma sonuçları, maruz kalınan ışın şiddetinin artmasıyla -UV'ye dayanıklı mayalar üzerinde dahi- inaktivasyon etkinliğinin arttığı ve yeterli UV ışın şiddeti ile ortamdaki tüm mayalar üzerinde mikrobiyal inaktivasyon sağlandığını göstermiştir. Söz konusu çalışmada kullanılan UV dozlarının çalışmamızdaki dozlara kıyasla çok yüksek olmasının, doz artışıyla fungal yükte elde edilen inaktivasyon artışı üzerinde etkili olduğu düşünülmüştür. Çalışmamızda kullanılan dozlara kıyasla çok yüksek doz uygulanmasına rağmen çalışmamızda elde edilen log azalmayla yaklaşık aynı değerin elde edilmesi, akış rejiminin sıvı gıdaların ışınlandığı sürekli akış UV reaktörlerinde mikroorganizmaların öldürülmesinde ne kadar önemli bir rolü olduğunu (Koutchma ve ark. 2007) tekrar göstermiştir. Üzüm sularında elde edilen araştırma bulgularımız ise, olumlu bir şekilde üzüm sularına daha az UV dozu uygulayarak daha az enerji gereksinimi ile sanayiye uygulanabilirlik şansını arttırmakta bununla birlikte UV ışığın üründe meydana getirebileceği kalite kayıplarını önleyerek minimum işlem ile yüksek mikrobiyal inaktivasyon sağlanabileceğini göstermektedir.

Çalışma sonuçlarımıza benzer şekilde, Dean girdabı prensibiyle çalışan UV-C reaktörlerde yapılan çalışmalar, Dean sayısının artmasıyla ürünlerdeki fungal yük üzerine inaktivasyon etkisinin arttığını göstermektedir. Çalışmamıza paralel şekilde, Franz ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada, *E. coli*, *Lactobacillus brevis* ve *S. cerevisiae* inokule edilen elma sularında UV-C ışınlama işleminin *E. coli* ve *L. brevis* bakteri sayılarını saptanma limitinin altına indirmesi ve 5 log luk bir azalma sağlanmasına karşın *S. cerevisiae* üzerinde aynı etkinin sağlanamadığı ve azalmanın 4 log ile sınırlı kaldığını rapor etmişlerdir.

Çizelge 4.4 incelendiğinde en düşük azalmanın 1.58 log kob/ml ile 3 kGy gamma radyasyon uygulanmış üzüm sularında elde edildiği bununla birlikte 5 kGy gamma radyasyon dozunun, kontrol örneklerindeki maya-küf yükünü tamamen inhibe ettiği saptanmıştır.

Literatürle kıyaslandığında, Alighourchi ve ark. (2008) farklı gamma radyasyon dozlarının (0.5, 2, 3.5, 5 ve 10 kGy) nar suyundaki toplam aerobik bakteri, maya-küf ve koliform sayıları ile antosiyanin miktarı üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, $3.4 \cdot 10^3$ olan başlangıç fungal yükü 0.5 kGy lik uygulama sonrasında 10^3 log kob/ml seviyesine düşmüş 2 kGy lik uygulama sonrasında ise tüm fungal yük inhibe edilmiştir. Aynı çalışmada kullanılan farklı bir nar çeşidinden elde edilen nar suyunda da 0.5 kGy lik uygulama ile başlangıç yükü yarıya indirilmiş 2 kGy lik uygulama sonrasında da tüm yük inhibe edilmiştir. 2 kGy doz ile bakteriyel ve fungal yükün önemli ölçüde azalmasının yanı sıra söz konusu dozun depolama süresince de mikrobiyal gelişimi geciktirdiği rapor edilmiştir.

Gamma radyasyonun vişne sularının mikrobiyal yüküne etkisinin incelendiği bir çalışmada kullanılan beş farklı gamma radyasyon dozunun (0.5, 1.5, 3, 4.5, 6 kGy) maya küf sayısı üzerine etkisi incelenmiş 0.5 kGy dozda yaklaşık 1,10 log kob/ml lik azalma sağlanırken 1.5 kGy dozda 2.82 log kob/ml lik başlangıç yükü tamamen inhibe edilmiştir (Arjeh ve ark. 2015).

Sekiz farklı mango çeşidinden elde edilen meyve sularına uygulanan üç farklı dozda gamma ışınlama sonrasında küf maya sayılarında 0.5 kGy lik en düşük dozda başlangıç yüküne göre 1.5 kob/ml lik bir azalma sağlanmış, 1 kGy dozda beş farklı mango çeşidinde maya-küf yükleri tamamen inhibe edilmiş, 3 kGy lik doz sonrasında ise tüm mango sularında maya-küf inaktivasyonu sağlanmıştır (Naresh ve ark. 2015).

Araştırma sonuçlarına benzer şekilde, bazı meyvelerdeki küf yükü üzerine (çilek, kayısı, erik, şeftali, hurma, incir, elma, armut, dut) γ radyasyon etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada üç farklı dozda (1.5, 3.5 ve 5 kGy) gamma ışınlama yapılarak meyvelerin küf yükünün inhibe edilmesi hedeflenmiştir. Tüm meyvelerin 10^4 - 10^5 kob/g aralığında değişen başlangıç küf yüklerinde azalma sağlanırken 1.5 kGy lik uyulama sonrası 10^2 - 10^3 kob/g değerine, 3 kGy lik uygulama ile 10^1 - 10^2 kob/g aralığına indiği, 5 kGy lik doz ile ışınlanan örneklerde ise küf florasının tamamen inhibe edildiği rapor edilmiştir (Aziz ve Moussa 2002).

Gamma radyasyonun kivi meyvesinin kalite özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada 1 kGy'e kadar farklı dozlar uygulanan kivi meyvelerinden hazırlanan pulpa, *Botryosphaeria dothidea*, *Botrytis cinerea* ve *Diaporthe actinidiae* inokule edilmiş ve gamma radyasyonun söz konusu patojen mayalar üzerindeki etkinliği incelenmiştir. Işınlama üç fungal patojen üzerinde etkin bir azalma sağlamıştır. *B. cinera* inokulasyonu sonrasında uygulanan ışınlama işleminde 0.5 kGy dozda 2,59 log kob/g azalma sağlanırken 1 kGy dozdaki ışınlamada maya yükü saptama limitinin ($< 10^2$ log kob/g) altında kalmıştır. 0.1-0.5 kGy ışınlama sonrasında *B. dothidea* 'da azalma sağlanmış ve *B. cinera*'ya benzer şekilde 1 kGy dozlama sonrasında sayıları saptama limitinin altına düşmüştür (Kim ve Yook 2009).

Onyenekwe ve ark. (1997), *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Penicillium* ve *Fusarium* türlerini içeren Ashanti biberinin mikroflorası üzerine farklı dozlarda (2.5, 5, 7.5 ve 10 kGy) gamma radyasyon uygulamasının etkisini araştırdıkları çalışmalarında, başlangıç ürününde fungal bulaşı miktarı yaklaşık 10^5 kob/g iken 2.5 ve 5 kGy dozlarda sırasıyla 2 ve 3 log çevrimi azalma sağlanmıştır.

Sonuç olarak uygulanan işlemler arasında fungal yük üzerine etkinliği en yüksek olan uygulama, analize alınan kontrol örneklerindeki fungal yükte % 99.99 azalma sağlayan yüksek dozdaki gamma ışınlama ile tüm dozlarda uygulanan UV-C ışınlama işlemleri olarak belirlenmiştir. Fungusların ışına karşı daha dirençli yapılar olduğu göz önüne alındığında, UV işlem dozları ve yüksek gamma radyasyon dozlarında fungal yükte % 99'un üzerinde inhibisyon sağlanması önemli bir bulgudur. Küfler, miselyumlarındaki su ve bünyelerinde ürettikleri alkoller, asitler, enzimler, pigmentler, polisakkaritler ve steroidlerin yanı sıra ergotinin gibi kompleks bileşenler, penisilin, notatin, falvisin ve fumigasin gibi antibiyotikler ile sulfidrik bileşenler, pigmentler, amino asitler, proteinler ve yağ asitleri gibi hücre içi fungal bileşenler gibi radyasyondan koruyucu ajanlar nedeniyle radyasyona dirençli

mikroorganizmalardır (Salama ve ark. 1977, Aziz ve ark. 1997, Braghini ve ark. 2009). Bununla birlikte spor oluşturan bakteriler ile patojen bakterilere göre maya ve küfleri inhibe etmek için daha düşük gamma radyasyon dozlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Söz konusu saptamaya paralel şekilde çalışmamızda 3 kGy doz bakteri yükündeki % 96'lık azalma sağlarken maya-küf sayısında % 97 düzeyinde bir azalma sağlamıştır. Dünya sağlık örgütü (WHO)'ne göre 2 kGy radyasyon dozu kullanılarak gıdalarda bulunan mikroorganizma yükü önemli derecede azaltılmakta daha yüksek dozlarda (4-6 kGy) ise gıdalardaki fungal yükün tamamı inhibe edilmektedir (WHO 1994, Saleh ve Aziz 1996, Abd El-Aal ve Aziz 1997, Braghini ve ark. 2009). Çalışma sonuçlarımız, bu rapordaki sonuçlara paralellik göstermiş, üzüm sularına uygulanan 3 kGy doz ile maya küf sayısının yaklaşık % 95 lik kısmı inaktive edilmiş 5 kGy doz uygulaması üzüm sularının fungal yükünü tamamen inaktive etmiştir.

4.5. Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Üzüm Sularının Diğer Özelliklerine Etkisi

4.5.1. Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde Miktarına Etkisi

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışına maruz kalan üzüm sularının toplam antioksidan aktivitelerindeki değişimler Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. İşlemlerin Üzüm Sularının Toplam Antioksidan Aktiviteleri Üzerine Etkisi

İşlem*	İşlem öncesi EC ₅₀ değeri (µl üzüm suyu)	İşlem Sonrası EC ₅₀ değeri (µl üzüm suyu)	EC ₅₀ değerinde % Azalma
Pastörizasyon	4.99±0.05 ^a	3.18±0.02 ^b	36
UV doz-1598 mJ cm ⁻²	7.47±0.03 ^a	3.20±0.02 ^b	57
UV doz-441 mJ cm ⁻²	7.47±0.03 ^a	4.20±0.02 ^c	23
UV doz-239 mJ cm ⁻²	7.47±0.03 ^a	5.65±0.04 ^d	25
γ-3kGy	6.77±0.94 ^a	4.27±0.01 ^b	37
γ-5kGy	6.77±0.94 ^a	4.31±0.04 ^b	36

* Aynı satırda bulunan harfler, her işlemin kontrol örneğine göre istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi kontrol örneği ile kıyaslanmaktadır. Pastörizasyon işlemi için tek satır, UV işlemi için üç satır ve gamma radyasyon için iki satır, kendi aralarında değerlendirilmektedir (p<0.05).

Çizelge.4.5 incelendiğinde, pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışınlama işlemleri sonrasında üzüm sularının EC₅₀ değerlerinin belirli düzeyde azaldığı görülmüştür. Üzüm sularına uygulanan her işlem parametresi için, DPPH radikalinin % 50'sinin inhibisyonunu sağlayan konsantrasyonu ifade eden EC₅₀ değerleri, başlangıçta 4.99-7.47 µl üzüm suyu aralığında değişkenlik gösterirken işlemler sonrasında bu değerler 3.18-5.65 µl üzüm suyu olarak saptanmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde, uygulanan tüm parametre ve işlemlerin üzüm sularının antioksidan aktivitelerinde önemli bir artış sağladığı ve üzüm sularına uygulanan tüm işlemlerin kontrol örneğinden farkının istatistiksel açıdan önemli olduğu saptanmıştır (p<0.05). İşlemler kıyaslandığında antioksidan aktivite üzerindeki en yüksek artışın UV ışınlama uygulamasındaki en yüksek dozda (1598 mJ cm⁻²) elde edildiği saptanmıştır. Diğer işlemlerdeki % artışlar incelendiğinde, gamma ışınlama işlemi ile pastörizasyon işlemlerinde % 36 değerinde bir artış saptanmıştır. Antioksidan aktivitedeki artışlar en çoktan en aza doğru sırasıyla 1598 mJ cm⁻² UV doz, 3 kGy dozdaki gamma radyasyon, 5 kGy dozdaki gamma radyasyon ve pastörizasyon ile diğer UV doz uygulamalarında elde edilmiştir. En yüksek artış % 57 ile en yüksek UV dozunda saptanmıştır. UV uygulamalarının antioksidan aktiviteye etkileri dozlar arasında önemli şekilde farklı bulunmuştur (p<0.05). Gamma ışınlama işlem dozları arasında ise antioksidan aktiviteye etkisi açısından önemli bir fark saptanmamıştır.

Meyve ve sebzelerin sağlık üzerine yararlı etkilerinden sorumlu antioksidan maddeler (Fan ve ark. 2005) iki ana gruba ayrılır. İç ve dış kaynaklı olarak isimlendirilen bu iki grupta, üç temel gruptan oluşan enzimler iç kaynaklı antioksidanlar grubunu oluşturur ve hücreyi oksidan stresine karşı korurlar (Becker ve ark. 2004, Chipurura ve Muchuweti 2010). Dış kaynaklı antioksidanlar ise genel anlamda diyetle dışarıdan alınan Vitamin E, askorbik asit, karotenoidler, glutation ve fenolik asitler, flavonoidler ve taninler gibi fenolik bileşenlerdir (Chipurura ve Muchuweti 2010). Fenolik asitler ve flavonoidler, taze meyve-sebzelerdeki başlıca antioksidanlardır. Tannik asit ve gallik asit gibi fenolik bileşenler, yüksek antioksidan aktiviteye sahiptirler (Fan ve ark. 2005). Bitkinin yüksek ışık, UV-C radyasyon, düşük sıcaklık, ozon ve patojenler gibi oksidatif strese sebep olan çevresel faktörlere maruz kalmasıyla, bitkide antioksidan karakterli fenolik bileşiklerin sentezlenmesi uyarılmaktadır.

Isıl olmayan uygulamalardan radyasyonun fitokimyasal bileşenler ve antioksidan aktivite üzerine etkisi ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde çelişkili sonuçlar ortaya

çıkıldığı görülmüştür. Araştırmacıların bir kısmı, gamma radyasyon uygulanan ve UV-C ışınlanan ürünlerin antioksidan aktivitesinde gelişim olduğu yönünde sonuçlar elde ederken bir diğer kısmı ise söz konusu işlemler sonucunda antioksidan aktivitenin azaldığı sonucuna varmıştır. Gözlemlenen bu farklılıkların, uygulanan doz (ki genellikle uygulanan düşük ve orta düzeydeki dozların antioksidan aktiviteye etkisi önemsiz bulunmuştur), uygulama süresi, kullanılan hammadde ve fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunda kullanılan çözücü sistemlerinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Chipurura ve Muchuweti 2010).

Radyasyonun, bitki dokularında fenolik bileşenlerin miktarını dolayısıyla antioksidan aktiviteyi artırıcı etkide bulunduğu birçok çalışma bulunmaktadır. İyonize radyasyon ile hem fenolik bileşenlerin miktarı hem de antioksidan aktivite yükselmekte, fenoliklerin sentezinin artmasında toplam antioksidan kapasitenin artışına katkıda bulunduğu görüşü önerilmektedir (Fan ve ark. 2005).

Üzüm sularında antioksidan aktiviteden sorumlu bileşiklerin özellikle UV ve gamma radyasyon uygulamalarında aktivitelerinin arttığı saptanmıştır (Ismail ve ark. 2004).

Mango meyvesinden üretilen meyve şaraplarında bulunan fenolik bileşenler, flavonoidler ve bileşenlerin antioksidan aktivite değerleri üzerine gamma radyasyonun etkisinin incelendiği çalışmada, sekiz farklı mango çeşidinin tümünde, ışınlamanın kontrole kıyasla antioksidan kapasiteyi artırıcı etkide bulunduğu ve artışın istatistiksel açıdan önemli olduğu saptanmıştır. Antioksidan aktivite ile fenolik bileşen miktarındaki artış arasında, bu iki değer arasında direk bir ilişkiyi gösteren anlamlı bir korelasyon bulunmuş bu nedenle antioksidan aktivitedeki artışın toplam fenolik madde miktarındaki artıştan kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Kondapalli ve ark. 2014).

Marul ve kaba yonca tohumlarına radyasyon uygulamasının antioksidan aktivite üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, radyasyon uygulaması sonrasında antioksidan aktivitenin arttığı rapor edilmiştir (Fan ve Thayer 2001, Fan ve ark. 2003). Yeşil çay yapraklarına uygulanan 10 ve 20 kGy dozdaki gamma radyasyon işlemi sonrasında yeşil çay yapraklarının antioksidan aktivitesinde önemli bir artış gözlenmiştir (Jo ve ark. 2003). 2 kGy dozda gamma radyasyon uygulanan turuncgillerde, kabuk dokusunda fenolik madde miktarında hızlı bir yükseliş gözlenmiştir. Antioksidan aktivite artışının sebebi olarak

araştırcılar, fenilalanin-amonyum liyaz (PAL) aktivitesindeki artışın fenolik bileşenlerin artışında rol oynadığı görüşünü önermişlerdir (Riov ve ark. 1968).

Bitki dokuları, radyasyon gibi streslere karşı, bünyelerinde fenolik maddeler gibi dış kaynaklı antioksidanların sentezini arttırarak farklı koşullara uyum sağlayabilmektedir (Fan ve ark. 2005).

Fenolik bileşenler genellikle shikimate izyoluyla sentezlenir ki bu yolda fenilalanin-amonyum liyaz (PAL) enzimi anahtar enzim olarak görev yapmaktadır. Işınlama, bitki dokularındaki PAL aktivitesini arttırarak fenolik bileşiklerin birikimini sağlayabilmektedir. Işınlama gibi stres koşulları altında PAL enzimine ek olarak peroksidaz aktiviteside artmaktadır (Bhat ve ark. 2007, Alothman ve ark. 2009).

PAL ve Peroksidaz enzimlerinin aktivitelerinin artışı, bitki fenoliklerinin radyasyon stresiyle uyarılması gibi etmenlerin yanı sıra ürünlerdeki antioksidan aktivite gösteren bileşiklerin artışı veya azalması durumu, teknolojik kriterler ve ürün çeşidine bağlı olarakta değişebilmektedir (Alothman ve ark. 2009). Hindistan cevizi yağında gamma radyasyon uygulaması sonucunda taninlerin degradasyonu ve sonucunda fenolik asitlerin daha fazla ekstrakte edilebilmesi ile fenolik asitlerin miktarında ve dolayısıyla antioksidan aktivitede artış saptanmıştır (Variyar ve ark. 1998). Soya fasulyesinde yapılan çalışmada, ışınlanan soya fasulyelerinde bir izoflavon olan genistein miktarındaki artış ile antioksidan kapasitede artış saptanmıştır (Variyar ve ark. 2004, Alothman ve ark. 2009). Serbest izoflavonlardaki bu artışın 1 kGy dozun üzerindeki doz artışlarıyla korelasyon içerisinde olduğu rapor edilmiştir.

Başka bir görüşe göre ise oksidasyonun tahrip edici mekanizması ve gamma radyasyonun polifenollerin kimyasal bağlarını kırma yeteneğinde olduğu ve mekanizma sonucunda düşük molekül ağırlıklı çözünebilir fenollerin serbest kalarak antioksidanca zengin fenoliklerin artışına öncülük ettiği ileri sürülmektedir (Adamo ve ark. 2004). Fenoller ve antioksidanlar arasında pozitif yönde bir korelasyon olduğu belirtilmektedir (Huang ve ark. 2005). Bazı meyve ve sebzelerde bulunan bir antioksidan olan fitik asidin, ışınlama ile antioksidan aktivitesinde meydana gelen değişimin incelendiği bir çalışmada, ışınlama ile birlikte fitik asidin radyolitik bozulmaya uğradığı ve antiradikal ve antioksidan etkisinde önemli bir artış olduğu, söz konusu artışın artan ışın dozuyla paralel şekilde yükseldiği belirtilmiştir. Araştırcılar tarafından tam olarak bir mekanizma tanımlanmasada, ışınlama

sonrası fitik asidin yapısal bir değişikliğe uğrayarak elektron veren bir özellik kazanması, bu sayede temeli, donör molekülden DPPH radikaline elektron transferi mekanizmasına dayanan yönteme uyarlanarak açıklanmıştır (Ahn ve ark. 2004).

Farklı marul çeşitlerinde ışınlamanın antioksidan ve fenolik bileşiklere etkisinin incelendiği çalışmada, artan antioksidan aktivite, antioksidan aktiviteye sahip fenolik bileşiklerin sentezinin radyasyon etkisiyle artması ve dolayısıyla antioksidan aktiviteye sahip fenolik bileşik miktarının artışı ile aktivitenin artması olarak açıklanmıştır (Fan 2005).

Gamma radyasyonun yanı sıra düşük miktardaki UV ışın dozunun da (0.5 kJ m^{-2}), PAL enzim aktivitesi üzerine, gamma radyasyon ile benzer etki yarattığı saptanmıştır (Nigro ve ark. 2000).

Elma sularında, UV-C ışınlamanın etkisinin incelendiği çalışmada, $0-240 \text{ mJ cm}^{-2}$ doz uygulanan elma sularında antioksidan aktiviteye sahip fenolik bileşenler incelenmiş, klorojenik asit, floridzin, epikateşin gibi fenoliklerde azalma gözlenirken kateşin miktarında önemli bir artış saptanmıştır. UV ışınlama sonrasında diğer fenolik bileşenlere kıyasla kateşin konsantrasyonunda elde edilen artışın sebebi olarak (-) epikateşinin, benzer izomeri olan (-) kateşine dönüşmesi bir başka deyişle ısı uygulaması ile tetiklenen izomerizasyondakine benzer şekilde (-) epikateşinin, (-) kateşine epimerizasyonundan kaynaklandığı ileri sürülmüştür (Islam ve ark. 2016). Bununla beraber ortamda meydana gelen oksidasyon ve bozunma reaksiyonları sebebiyle epikateşinin kateşine dönüşümü % 100 olmadığından epikateşindeki azalma ile kateşin miktarındaki artış aynı oranda gerçekleşmemiştir. Söz konusu değişimler 40 mJ cm^{-2} dozdan sonra daha fazla artış göstermiştir.

Mango suyuna uygulanan üç farklı dozdaki UV ışınlama ve $90 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 60 saniyelik pastörizasyon işleminin antioksidan aktivite üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, çalışmamızda elde edilen bulgulara benzer sonuçlar rapor edilmiştir (Santhirasegaram ve ark. 2015). Çalışmada kontrol örneğine kıyasla UV ışınlanan örneklerin antioksidan aktivitesinde önemli bir artış görülmüş ısı uygulama sonucunda ise örneklerin antioksidan aktivitesinde önemli bir değişiklik saptanmamıştır. Benzer bir sonuç yıldız meyvesi suyuna uygulanan UV-C ışınlama işlemi ile de elde edilmiş (Bhat ve ark. 2011) ve ışınlama sonrasında antioksidan aktivitede artış rapor edilmiştir. UV-C ışınlama sonrasında örneklerin EC_{50} değerinde görülen bu artışın, ışınlama ile tetiklenen stres sonrası ortaya çıkan cevabın fenolik bileşikler veya

bunların ürünlerinin birikimine neden olarak antioksidan aktiviteyi arttırdığı bununla birlikte, antioksidan bileşenlerin ekstraksiyonunu arttırıcı etki yapmış olabileceği şeklinde açıklanmıştır. Buna ek olarak artan antioksidan kapasitenin radikal söndürme aktivitesini arttırarak insan sağlığına yararlı yönde bir etkide bulunacağıda rapor edilmiştir. Stres cevabı ve ekstraksiyonun artışa etkisinin yanı sıra yukarıda sözü edilen ışınlamanın, PAL enzimi üzerine etkisi ve bununla birlikte polifenol oksidaz (PPO) enzim aktivitesinde de benzer bir etkiye neden olmasından kaynaklanabileceği vurgulanmıştır. Bununla birlikte UV işlemi sonucunda antioksidan aktivitede artışla birlikte azalmada görülebileceği, söz konusu durumun örneklerin ışına maruz kalma süresi, uygulanan ışın dozu ve uygulama yapılan hammadde gibi değişkenlere göre değişebileceği rapor edilmiştir (Allothman ve ark. 2009).

Yabanmersini meyvesine hasat sonrası uygulanan UV ışınlama işlemi sonrasında çeşitlere göre antioksidan aktivitenin değiştiği saptanmış bir çeşit için antioksidan aktivite azalırken diğer çeşitte UV ışınlama işlemi sonrasında antioksidan aktivitenin arttığı rapor edilmiştir. Antoksidan aktivitede saptanan artışın, benzer çalışmalarda açıklandığı şekilde bazı bileşenlerin UV tarafından uyarılması sonucu aktivitelerinin tetiklenerek artmış olabileceği bunun yanı sıra UV ışına olan tepkinin çeşide özgü flavonoidlerde farklı tepkilere neden olabileceği ve çeşitler arasında bu tip bir farklılığı doğurabileceği belirtilmiştir (Perkins-Veazie ve ark. 2008).

Elmalarda depolama öncesi UV uygulaması sonucunda antioksidan aktivitede artış olduğu ve UV ışınlama yapılan elmalarda askorbik asit miktarının daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Lu ve ark. 1991, Allothman ve ark. 2009).

UV-C radyasyon, asma, brokoli, taze kesilmiş mango gibi birçok meyve ve sebze de antioksidan aktiviteye etki etmiştir (Lemoine ve ark. 2010). UV ışının dozu, flavonoidlerin sentezi ve UV hasarına karşı ortaya çıkan koruyucu mekanizma arasında bir korelasyon olduğu rapor edilmiş ve söz konusu çalışmada UV ışınlanan bitki dokularında bitki fenolik miktarına etki eden flavonoidlerin biyosentezinden sorumlu enzimlerin sentezinin arttığı saptanmıştır (Wellmann 1975). Bunun yanı sıra *Chlorella vulgaris* alginde UV ışınlama sonucu antioksidan aktivitede, hücreler üzerinde artan oksidatif stresten kaynaklanan artış görüldüğü rapor edilmiştir (Malanga ve Puntarulo 1995). Araştırma bulguları sonucunda önerilen mekanizmalardan en kuvvetlisi, radyasyon ile uyarılan dokularda oksidatif strese karşın yaratılan koruma mekanizmasında, antioksidan aktvitesi bulunan ve sağlık üzerine

yararlı etkilere sahip fitokimyasalların sentezi ile antioksidan kapasitenin arttığı yönünde olmuştur.

Literatürde açıklandığı üzere ışınlama işlemi, antioksidan/fitokimyasal miktarlarını ve bitkisel kaynakların antioksidan kapasitesini farklı seviyelerde etkilemektedir. Radyasyon kaynağına maruz kalma süresi, hasarlanma miktarı, düşük sıcaklıkta depolama ve olağan dışı sıcaklıklar gibi fitokimyasal sentezini tetikleyen uygun koşullarda, bitki fitokimyasallarının konsantrasyonları artış göstermektedir (Zobel 1997, Alothman ve ark. 2009). Ürüne uygulanan radyasyon dozuna bağlı bir değer olan radyasyon kaynağına maruz kalma süresi yukarıda da belirtildiği gibi genellikle düşük ve orta dozlarda uygulandığında antioksidanlar üzerine etkisi önemsiz bulunmaktadır. Radyasyon dozunun yanı sıra, üründeki antioksidan ya da fitokimyasalların radyasyona karşı hassasiyeti ve radyasyonun bitkide fitokimyasal/antioksidanların birikiminden veya üretiminden sorumlu gıda bileşenleri üzerine etkisinde artışa neden olabileceği belirtilmektedir (Alothman ve ark. 2009). Antioksidanlar üzerine etki mekanizmaları konusunda ortaya atılan fikirler incelendiğinde, bitkilerdeki antioksidanların davranış karakteristiklerinin büyük farklılıklar gösterdiği ve henüz tam olarak aydınlatılmadığı belirtilmektedir (Alothman ve ark. 2009).

Isıl işlem uygulanan üzüm sularında antioksidan aktivitenin, ısıl olmayan işlemlerdeki artışa kıyasla çok düşük seviyede kaldığı ancak ısıl olmayan işlemlere benzer şekilde kontrol örneğine kıyasla arttığı saptanmıştır. Üzüm sularında elde edilen sonuçlar literatürle kıyaslandığında, literatürdeki verilere göre ısıl işlemin tek başına veya ısıl olmayan işlemlerle kombine halde kullanıldığında başta fenolik bileşikler olmak üzere antioksidan aktiviteyi arttırdığı rapor edilmiştir (Lemoine ve ark. 2010). Brokoli çiçeklerine uygulanan UV ve ısıl işlem kombinasyonu sonrasında örneklerin antioksidan aktivitelerinde yaklaşık % 13 oranında artış saptanmıştır (Lemoine ve ark. 2010). Çileklerde depolama boyunca meydana gelen zararlanmalar ve oksidatif metabolizma üzerine ısı uygulamasının etkisinin araştırıldığı çalışmada, çileklere uygulanan ısıl işlem sonrasında antioksidan aktivitenin arttığı ve bu artışın ısıl işlem sonrasında kontrol örneğine kıyasla ısıydan kaynaklı meydana gelen ılımlı strese cevap olarak artan askorbik asit miktarıyla ilgili olduğu rapor edilmiştir (Vicente ve ark. 2006). Brokoli baş kısımlarına UV-C uygulaması sonrasında antioksidan aktivitenin incelendiği başka bir çalışmada, ışınlama sonrasında antioksidan aktiviteye sahip fenollerin miktarının arttığı rapor edilmiştir. Farklı sebzelere uygulanan ısıl işlemin, sebzelerdeki fenolik bileşikler ve antioksidan aktivite üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, soğan, yeşil biber ve

kengerde, ısı uygulaması sonrasında hücre duvarının tahribatına bağlı olarak antioksidan aktivitenin arttığını rapor etmişlerdir (Juaniz ve ark. 2016).

Üzüm sularında yapılan toplam fenolik madde analizi sonucunda elde edilen veriler ile toplam antioksidan kapasitesini belirlemek amacıyla yapılan analizlerin verileri büyük ölçüde benzerlik gösterdikleri için bu analizlerin değerlendirmelerinin aynı başlık altında verilmesi uygun görülmüştür.

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışına maruz kalan üzüm sularının toplam fenolik madde (TFM) içeriklerindeki değişimler Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. İşlemlerin Üzüm Sularının Toplam Fenolik Madde Miktarlarına (TFMM) Etkisi

İşlem*	İşlem öncesi TFMM (Kontrol) mgGAE/L	İşlem sonrası TFMM mgGAE/L
Pastörizasyon	523±1.2 ^a	428±4.9 ^b
UV doz-1598 mJ cm ⁻²	253±2 ^c	507±1.2 ^d
UV doz-441 mJ cm ⁻²	253±2 ^c	515±4.5 ^e
UV doz-239 mJ cm ⁻²	253±2 ^c	525±2.1 ^f
γ-3kGy	438±2.5 ^g	528±2.5 ^f
γ-5kGy	438±2.5 ^g	601±2.5 ^h

* Aynı satırda bulunan harfler, her işlemin kontrol örneğine göre istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi kontrol örneği ile kıyaslanmaktadır. Pastörizasyon işlemi için tek satır, UV işlemi için üç satır ve gamma radyasyon için iki satır, kendi aralarında değerlendirilmektedir (p<0.05).

Çizelge 4.6 incelendiğinde, pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışınlama işlemleri sonrasında, tüm işlemlerin fenolik madde özelliği gösteren bileşiklerin aktiviteleri üzerinde olumlu etkisi olduğu yalnızca pastörizasyon işleminin toplam fenolik madde miktarında azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde uygulanan tüm işlemlerin fenolik madde özelliği gösteren bileşenlerin aktiviteleri üzerindeki etkisinin istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir (p<0.05). İşlemler kendi aralarında kıyaslandığında tüm işlemlerin birbirinden farklı olduğu yalnızca 239 mJ cm⁻² dozda UV ışınlama işleminin 3 kGy dozda uygulanan gamma radyasyon işleminden farkının önemsiz olduğu (p≥0.05) saptanmıştır. İşlem parametreleri kendi aralarında incelendiğinde ise UV işleminde uygulanan tüm dozların fenolik madde

miktarı üzerine etkisinin önemli olduğu ($p<0.05$), gamma radyasyon uygulamasında da dozlar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Literatür sonuçları incelendiğinde, ısı işlem uygulanan gıdalarda, gıdanın çeşidine göre değişen miktarlarda olmakla birlikte, çalışılan örneklerde ısı uygulama sonrasında fenolik madde miktarında görülen azalma eğilimi çalışmamızla paralellik göstermektedir.

80 °C sıcaklıkta 1 dakika suya daldırılan kuru örneklerde antioksidan aktivite ve fenolik bileşikler üzerine ısı işlemin etkinliğinin incelendiği çalışmada, ısı işlem sonrasında örneklerin toplam fenolik madde içeriğinde düşüş gözlenmiştir (Güner, 2014). Isı işlemler ve ultrasonik uygulamaların kalite parametrelerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, ultrasonik işlemler dışındaki farklı ısı uygulamalarının toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite üzerinde önemli kayıplara yol açtığı bildirilmiştir (Gamboa-Santos ve ark. 2013, Güner 2014). Brokoli üzerine ısı uygulamanın etkisinin araştırıldığı çalışmada, ısı işlem sonrasında bitkinin biyotik ve abiyotik strese karşı korunma mekanizmasında büyük bir rol oynayan fenolik bileşiklerin miktarında yaklaşık % 10'luk bir artış olduğu belirtilmiştir (Lemoine ve ark. 2010). Erik kurutma işleminde, ısı işlemin toplam polifenoller ve antioksidan aktiviteye etkisinin incelendiği bir çalışmada, farklı sıcaklıklarda uygulanan kurutma işleminin eriklerdeki fenolik bileşenlerde yıkıma sebep olduğu rapor edilmiştir (Piga ve ark. 2003, Güner 2014). Kırmızı şarap üretiminde, üzümler sıkıldıktan sonra kalan posada bulunan antosiyaninler, flavonol-3-O-glikozidler, fenolik asitler ve flavan-3-oller üzerine ısı işlemin etkisinin araştırıldığı çalışmada, ısı işlem sonrasında fenolik bileşiklerde yaklaşık % 5-30 arasında bir azalma yaşandığını göstermiştir (Pino-Garcia ve ark. 2017). Çalışmada, fenolik bileşenlerin ısıya olan duyarlılıklarına göre ısı işlemlerden farklı şekilde etkilendikleri vurgulanmıştır.

Isı işlemin üzüm sularının fenolik bileşikleri üzerine olumsuz etkisine karşın ısı olmayan işlemlerin fenolik bileşik miktarı üzerine olumlu yönde etkisi olmuştur. Gamma radyasyon uygulanan örneklerdeki artış miktarı UV ışınlanmış örneklere kıyasla daha düşük miktarda olmuş fakat tüm işlemlerin kontrole kıyasla fenolik bileşiklere etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuştur.

Turunçgil kabuklarında yapılan benzer bir çalışmada, uygulanan gamma radyasyon (0.3 kGy) işlemi ve sonrasındaki depolama süresince antioksidan aktiviteden sorumlu

hesperidin, *p*-kumarik asit gibi fenolik bileşiklerin arttığı rapor edilmiştir (Oufedjikh ve ark. 2000). Mantarlara uygulanan iyonize radyasyonun ve sonrasındaki depolama sürecinin ilk 1-2 günlük periyodunda fenolik bileşen miktarının arttığı rapor edilmiştir. Patateslerde 0.1 ve 1 kGy lik gamma radyasyon uygulaması sonrasında benzer şekilde fenolik bileşen miktarında artış gözlenmiştir (Mondy ve Gosselin 1989). Çilekler üzerine gamma radyasyonun etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan başka bir çalışmada (Breitfeliner ve ark. 2002), ışınlamanın çileklerde, fenolik bileşenler sınıfında bulunan 4-hidroksibenzoik asit miktarında önemli bir artış yarattığı rapor edilmiştir (Fan 2005). Nane ve limon otunda bulunan fenolik bileşikler üzerine gamma radyasyonun etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada, 1 ve 10 kGy dozda ışınlanan örneklerde, antioksidan aktiviteye de sahip olan limon otunda bulunan feniletanoid glikozit olan verbaskosit miktarı 10 kGy dozda artmıştır. Bitkinin biyoyararışlılığını arttıran bu maddenin birikiminin, bazı bağların kırılarak daha küçük moleküllerin açığa çıkmasından bunun yanı sıra yüksek dozlardaki ışınlamanın bileşenlerin ekstrakte edilebilirliğini arttırmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. 10 kGy lik uygulamada bazı bileşenler bozunurken luteolin-7-O-diglukuronit, *p*-kumarik asit, verbaskosit ve isoverbaskosit miktarlarında artış saptanmıştır. Aynı çalışmada kullanılan nane örneklerinde, 10 kGy dozlama sonucunda tüm fenolik bileşenlerde artış rapor edilmiştir (Pereira ve ark. 2017). Farklı gamma radyasyon dozlarında muamele edilen kekik örneklerinde, ışınlamanın fenolik bileşenler ve antioksidan aktivite üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, 10 kGy dozda metileriodictyol-O-pentozilheksozid, luteolin-7-O-glukozid, eriodictyol konsantrasyonları ve toplam flavonoidler ile toplam antioksidan aktivitenin, kontrol örneğine göre önemli derecede arttığı saptanmıştır (Pereira ve ark. 2016). Flavonoid ve fenoliklerde saptanan artışlar, diğer çalışmalardaki görüşlere benzer şekilde, radyasyonun stres faktörü oluşu ve stres altında fenolik maddelerin birikiminin fazla olması, bunun yanı sıra, depolimerizasyon ve radyasyon prosesi ile üretilen polisakkaritlerin hücre duvarından serbest kalması ile fenolik bileşenlerin ekstrakte edilebilirliğinin artması olarak açıklanmıştır. Fenolik bileşenler ile antioksidan aktivitede görülen artış arasında istatistiksel açıdan önemli bir korelasyon bulunmuştur.

Taze dilimlenmiş mango meyvesinde yapılan çalışma UV-C ışına maruz kalan örneklerde fenolik bileşenlerin birikiminin uyarıldığını ve bileşen miktarında artış olduğunu göstermektedir (Gonzalez-Aguilar ve ark. 2007). Farklı dozlarda UV ışınlamanın taze kesilmiş havuçlarda fenolik bileşen, PAL enzimi ve antioksidan kapasiteye etkisinin incelendiği çalışmada (Formica-Oliveira ve ark. 2017). Çalışmada PAL ve fenolik bileşenlerin miktarı ışınlama sonrasında hemen artmamış depolama periyodu başladığında

yükseldiği rapor edilmiştir. Havuçların antioksidan aktivitesi, uygulama sonrasında depolama periyodunda PAL ve fenolik bileşiklere benzer şekilde artış göstermiştir. Antioksidan aktivitedeki artışın fenolik bileşiklerde meydana gelen artıştan kaynaklandığı rapor edilmiştir.

Antioksidan aktivite sonuçları değerlendirilirken sözü edildiği üzere, fenolik bileşenler genellikle shikimate izyoluyla sentezlenir ki bu yolda fenilalanin-amonyum liyaz (PAL) enzimi anahtar enzim olarak görev yapmaktadır. Işınlama, bitki dokularındaki PAL aktivitesini arttırarak fenolik bileşiklerin birikimini sağlayabilmektedir. Işınlama gibi stres koşulları altında PAL enzimine ek olarak peroksidaz aktiviteside artmaktadır (Bhat ve ark. 2007, Alothman ve ark. 2009). PAL enzimi yalnızca birincil (shikimate) izyolunda değil ikincil (fenilpropanoid) izyolundada anahtar enzim olarak görev yapmaktadır. Bu nedenle fenolik bileşiklerin biyosentezinde rol oynamaktadır (Dixon ve Paiva 1995, Formica-Oliveirave ve ark. 2017). Işınlama stresi sonrasında bitki materyalinde caffeoylquinic asit, ferulik asit ve türevleri gibi fenolik bileşikler, materyalin savunma mekanizması olarak hasat sonrasında artış göstermektedir (Jacobo-Velazquez ve ark. 2011, Formica-Oliveirave ve ark. 2017). Asmaların fenolik bileşen miktarları ve antioksidan aktiviteleri üzerine UV ışığın etkisinin belirlendiği bir çalışmada, ışınlama sonrasında kateşin gibi flavanollerin ve diğer fenolik bileşenlerin miktarı ve antioksidan aktivitenin arttığı rapor edilmiştir. Üzümlerde başlangıçta kuersetin saptanmamışken UV ışınlama sonrasında üzümlerde kuersetin birikimi olduğu rapor edilmiştir. UV-C ışınlamanın kaempferol miktarında da artışa neden olduğu bildirilmiştir. Çalışmada fenolik bileşen birikimi ve dolayısıyla artan miktar, bitkinin stres altında ürettiği ve hasat sonrasında da ultraviyole radyasyon gibi dış etkenlerden de etkilenebilen sekonder metabolizma ürünlerinden biri olan resveratrol gibi stilbenlerin üretiminde spesifik enzimin ışınlama sonrasında artması ve bu bileşenlerin miktarlarında artış sağlanmasıyla açıklanmıştır (Pinto ve ark. 2016). UV-C ışınlamanın, fenolik bileşenlerin üretiminde rol oynayan fenilalanin amonyak liyaz (PAL), chalcone sentaz (CHS), antosiyanidin sentaz (ANS) ve stilben sentaz (STS) enzimlerinin biyosentez izyolunu kodlayan genler üzerine önemli bir etkide bulunduğu ve bu sayede fenolik bileşemlerin ışınlama sonrasında miktarlarının arttığı ifade edilmiştir. UV-C ışınlama sonrasında sekonder metabolizma ürünlerinin arttığı ve bu durumunda fenolik bileşenlerin biyosentez izyolundaki artan gen transkripsiyonu ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Pinto ve ark., 2016). Şaraplık üzümlerde yapılan bir diğer çalışmada, UV ışının, üzümlerdeki toplam fenolik bileşenlerin miktarlarında % 66 lık bir artış sağladığı rapor edilmiştir (Song ve ark. 2015).

PAL ve Peroksidaz enzimlerinin aktivitelerinin artışı, bitki fenoliklerinin radyasyon stresiyle uyarılması gibi etmenlerin yanı sıra üründeki fenolik bileşiklerin artışı veya azalması durumu, teknolojik kriterler ve ürün çeşidine bağlı olarakta değişebilmektedir (Alothman ve ark. 2009). Fitokimyasal maddelerdeki söz konusu değişim, radyasyon türü, uygulanan doz, ışınlama süresi ya da örneğin çeşidine göre değişebilmektedir.

Başka bir görüşe göre ise oksidasyonun tahrip edici mekanizması ve gamma radyasyonun polifenollerin kimyasal bağlarını kırma yeteneğinde olduğu ve mekanizma sonucunda düşük molekül ağırlıklı çözünebilir fenollerin serbest kalarak fenoliklerin artışına öncülük ettiği ileri sürülmektedir (Adamo ve ark. 2004).

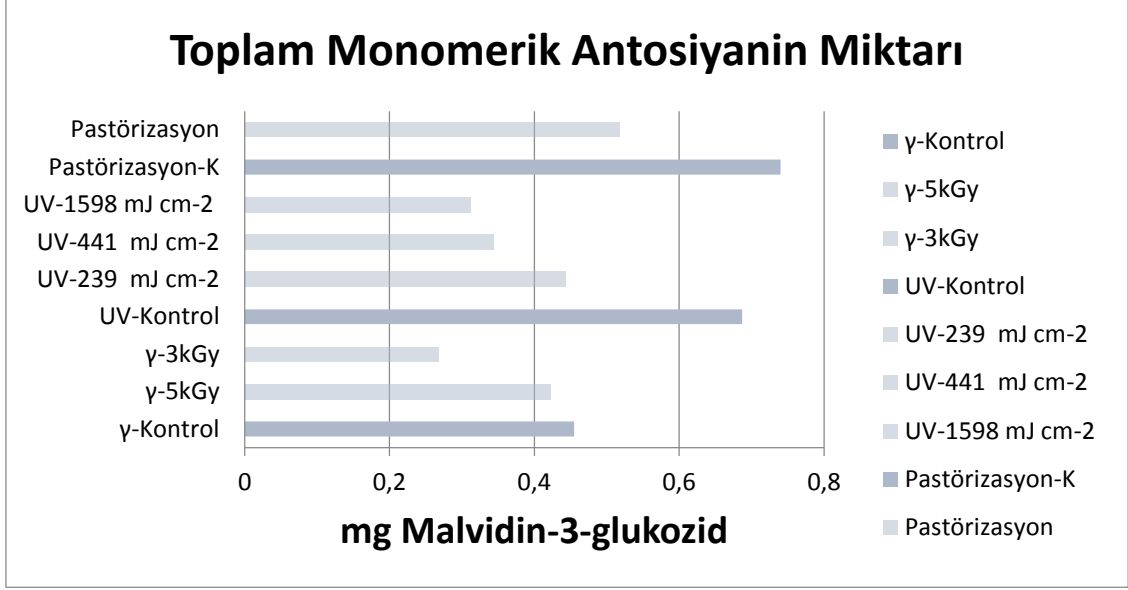
4.5.2. Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Antosiyanin İçeriğine Etkisi

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışına maruz kalan üzüm sularının toplam monomerik antosiyanin miktarları üzerine etkileri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. İşlemlerin Üzüm Sularının Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarına Etkisi

İşlem*	Toplam monomerik antosiyanin miktarı (mg Malvidin-3-glukozid) İşlem öncesi	Toplam monomerik antosiyanin miktarı (mg Malvidin-3-glukozid) İşlem sonrası	% Azalma
Pastörizasyon	0.740±0.002 ^a	0.518±0.004 ^d	30
UV doz-1598 mJ cm ⁻²	0.687±0.004 ^b	0.312±0.005 ^e	55
UV doz-441 mJ cm ⁻²	0.687±0.004 ^b	0.344±0.003 ^f	50
UV doz-239 mJ cm ⁻²	0.687±0.004 ^b	0.444±0.004 ^g	35
γ-3kGy	0.455±0.003 ^c	0.268±0.003 ^h	41
γ-5kGy	0.455±0.003 ^c	0.423±0.004 ^j	7

* Aynı satırda bulunan harfler, her işlemin kontrol örneğine göre istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi kontrol örneği ile kıyaslanmaktadır. Pastörizasyon işlemi için tek satır, UV işlemi için üç satır ve gamma radyasyon için iki satır, kendi aralarında değerlendirilmektedir (p<0.05).



Şekil 4.4. İşlemlerin üzüm sularının kontrol örneklerine kıyasla toplam monomerik antosiyanin miktarlarında meydana getirdiği değişim

Çizelge 4.7 ve Şekil 4.4 incelendiğinde, üzüm sularına uygulanan işlemlerin, örneklerin antosiyanin miktarlarını olumsuz etkilediği ve tüm işlemlerin antosiyanin miktarlarında düşüşe neden olduğu görülmektedir. Kontrol örneklerinde 0.455- 0.740 mg malvidin-3-glukozid aralığında değişen antosiyanin miktarları, işlemler sonrasında 0.268 – 0.518 mg malvidin-3-glukozid aralığında değişmiştir. Tüm işlemler, antosiyanin miktarlarında kontrole kıyasla azalmaya neden olmuş ve yine söz konusu işlemler için fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Örneklerdeki antosiyanin içeriği en fazla UV işleminde, dozlar kıyaslandığında ise antosiyaninler en yüksek dozda UV ışınlama sonrası zarar görmüştür. Antosiyanin içeriğinin, kontrol örneklerine göre en az etkilendiği işlem ise 5 kGy dozdaki gamma radyasyon işlemi olmuştur.

İşlemlerin antosiyanin miktarları üzerine etkisi kendi aralarında kıyaslandığında ise UV ışınlama işleminde uygulanan UV dozları ile gamma radyasyon uygulamasındaki dozlar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Bunun yanı sıra pastörizasyon, UV ışınlama ve gamma radyasyon uygulamalarının antosiyanin miktarı üzerine etkisi ve işlemler arasındaki farkın da istatistiksel açıdan önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Alighourci ve ark. (2008), nar suyunda 3.5- 10 kGy dozdaki uygulamaların toplam antosiyaninler ile nar suyunda saptanan delfinidin 3,5-O-diglukozit, 3-O-glukozit, syanidin,

3,5-O-diglukozit, 3-O-glukozit, pelargonidin 3,5-O-diglukozid ve 3-O-glukozid gibi bireysel antosiyaninlerin miktarında azalmaya neden olduğunu rapor etmiştir. Azalmanın sebebi olarak, antosiyaninlerde radyasyona bağlı bozunma reaksiyonları gösterilmiştir. Nar suyunda uygun radyasyon dozunu saptayabilmek, antosiyanin miktarıyla yakın ilişkili olan rengin korunması açısından da önemlidir. Radyasyonun, antosiyanin üzerindeki etkisi, antosiyaninin doğasına bağlı olarak değişmektedir. Çalışmada saptandığı üzere, diglikozitler, monoglikozitlere kıyasla düşük dozlarda (0.5-2 kGy), ışınlamaya karşı daha kararlı yapıdadır. Yüksek dozlarda ise diglikozitlerin azalma eğilimi monoglikozitlerinkiyle benzerlik taşımaktadır. Tüm antosiyaninler değerlendirildiğinde ise, uygulanan dozun antosiyaninler üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır ($p < 0.05$). 10 kGy' e kadar uygulanan dozlar, nar sularında % 22 ile 90 arasında bir azalmaya sebep olmuştur. Bu durumda, sadece doz değil meyve suyu kompozisyonuna bağlı olarakta antosiyaninlerin stabilitesinde farklılık olduğu saptanmıştır. 2 kGy 'den daha yüksek dozlarda antosiyanin miktarındaki ciddi düşüş nedeniyle, araştırmacılar tarafından nar suyuna, bu dozdan fazla ışınlama yapılmaması önerilmiştir.

Vişne sularının antioksidan aktivite ve fizikokimyasal özellikleri üzerine 6 kGy doza kadar uygulanan gamma radyasyonun etkisinin incelendiği çalışmada, 3 kGy dozda, ışınlanmamış vişne sularına kıyasla örneklerin antosiyanin miktarında % 24 lük bir azalma saptanmıştır. Çalışmada, gamma radyasyonun organik bileşenler üzerine etkisinin direk ve dolaylı olarak ikiye ayrıldığı, dolaylı etkide suyun radyolizinin hidroksil radikalleri, hidrate elektronlar ve hidrojen atomları gibi radikallerin üretimine yol açtığını vurgulamışlardır. Oluşan bu serbest radikaller, antosiyaninlerin glikozidik bağlarında yarılmaya neden olarak renksiz ürünler oluşturmakta ve antosiyaninler üzerine olumsuz etkide bulunarak miktarlarındaki düşüşten sorumlu tutulmaktadır (Lee ve ark. 2009, Arjeh ve ark. 2015).

Gamma radyasyonun antosiyaninler üzerine etkisine benzer şekilde UV radyasyonunda antosiyaninler üzerine olumsuz etkisi bulunmaktadır.

Bakowska ve ark. (2003), sıcaklık, UV radyasyon ve 3 aylık depolamanın kuersetin-5-sülfonik asit, morin-5-sülfonik asidin sodyum tuzu, rutin, kuersetin, klorojenik asit, tannik asit gibi antosiyanin-polifenol kopigment kompleksleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, UV radyasyonun, 80 °C'deki ısıl işleme kıyasla kopigment kompleksleri üzerine güçlü bozucu bir etkisinin olduğu özellikle siyanidin-3-glikozit-kopigment kompleksi

üzerine UV radyasyonun güçlü negatif etkisini rapor etmişlerdir. Antosiyaninlerle kompleks oluşturarak kararlı ve daha yoğun renkli bileşik oluşturan flavonoidler, polifenoller, alkaloidler, aminoasitler, organik asitler gibi maddelere “kopigment” denir (Kırca 2004). Bazı antosiyaninlerin kendisinde kopigment olarak davranabildiği bu maddeler çoğunlukla tek başına renksizdir, fakat antosiyanin çözeltisine eklendiğinde, çözeltinin renk yoğunluğunu büyük oranda arttırmaktadır. Kopigmentasyon etkisi, antosiyanin çeşit ve konsantrasyonu, kopigment çeşit ve konsantrasyonu, ortamın pH değeri ve sıcaklığı gibi pekçok faktöre göre değişiklik göstermektedir (Mazza ve Miniati 1993). Sulu çözeltide, antosiyaninlerin klorojenik asitle kopigmentasyonu üzerine yapılan çalışmada, kopigmentasyon üzerine ısının olumsuz etkisi olduğu saptanmıştır. (Mazza ve Brouillard 1990, Kırca 2004).

Nar suyunda kalite parametreleri üzerine UV-C ışının etkisinin incelendiği ve ısı ile işlemle kıyaslandığı çalışmada, 62.35 J/ml dozda uygulanan UV ışının, antosiyanin miktarında yaklaşık % 16 lık bir azalmaya neden olduğu bu düşüşün ısı ile işlem uygulanan örneklerde % 28'e kadar yükseldiği (Uysal Pala ve Kırca Toklucu, 2011), UV ışınlama sonrasında en fazla ve en az etkilenen antosiyaninlerin sırasıyla, delfinidin 3-glukozid ve perlagonidin 3-glikozit olduğu rapor edilmiştir. Mono ve diglikozitler ise UV-C uygulaması ve ısı ile işleme karşı benzer stabilite göstermişlerdir.

UV-C ışınlama ve absisik asitin çilekteki antosiyanin, antioksidan kapasite gibi özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, 4.1 kJ/m² dozda uygulanan UV-C ışının çilekteki antosiyanin birikimini baskıladığı saptanmıştır. Antosiyanin birikimi, uygulanan ışın dozuna ve meyve çeşidine bağlı olarak değişebilmektedir. Bu çalışmadaki baskılama etkisinin yüksek dozdan kaynaklanabileceği vurgulanmıştır. Bunun yanı sıra baskılanma etkisinin, antosiyanin mekanizmasında rol oynayan enzimlerden 4-CL ve DFR enzimlerinin UV ışınlama sonrasında inhibe olmasından da kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Buna ek olarak flavonoid metabolizmasıyla ilişkili genlerinde UV ışından etkilenmesi, antosiyanin miktarındaki değişimlerin nedeni olabilmektedir (Li ve ark. 2014).

Meyve sularına uygulanan durultma, pastörizasyon ve benzeri proses aşamalarına bağlı olarakta antosiyaninlerde kayıplar meydana gelmektedir. Pastörizasyon işlemi, meyve suyu işleme süreci boyunca antosiyanin kaybının meydana geldiği önemli aşamalardandır. Çalışmamızda pastörizasyon işleminin antosiyaninler üzerine etkisi, literatürde elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermiştir. Vişnelerin 85 °C'de pastörizasyonu sonrasında

antosiyeninlerde yüksek oranda bozunma saptanmıştır (Forni ve ark. 1993, Kırca 2004). Siyah havuç suyunda bulunan antosiyeninlere, katı madde içeriği, pH ve sıcaklığın etkisinin araştırıldığı çalışmada, üç faktör içinde benzer sonuçlar bulunmuş, kara havuç antosiyeninlerinin vişne ve kan portakalında bulunanlara göre ısıya en dayanıklı antosiyeninler olmasına karşın ısı arttıkça antosiyeninlerin degradasyonunun arttığı saptanmıştır. Eriklerde hâkim bir antosiyenin olan siyanidin-3-rutinozid üzerine ısının incelendiği bir çalışmada, antosiyenini içeren model sistemde çalışılmış 55, 75 ve 95 °C lik farklı ısı uygulamaları sonrasında toplam antosiyeninlerin sırasıyla % 12.5, 24.5 ve 40' ının parçalandığı saptanmıştır (Raynal ve Moutounet 1989, Kırca 2004, Kırca ve ark. 2007).

Birçok meyve ve sebzenin, turuncu, kırmızı ve mavi renginden sorumlu bitki pigmentleri olan antosiyeninler, flavylium katyonlarının polihidroksi ve polimetoksi türevlerinin glikozitleridir (Alighourci ve ark. 2008). Birçok çalışmada polifenolik bileşenlerin biyolojik, farmakolojik ve serbest radikal yakalayıcı olarak oksidasyonu önleyici ve özellikle kanser önleyici kemoprotektif etkisi olduğunu bildirmiştir. Değişik kanser türleri, kardiyovasküler rahatsızlıklar, inflamasyon vb. durumları önleyici etkilere sahip antosiyeninlerdeki azalma hem ürünün sağlık üzerine olumlu etkilerini kısıtlamakta hem de ısı işlem sonrasında antosiyeninlerin neredeyse renksiz ya da arzu edilmeyen kahverenkli polimerik pigmentlere parçalanmasına neden olmaktadır (Uysal Pala ve Kırca Toklucu 2011).

Yukarıda da sözü edildiği gibi çeşitli faktörlerin etkisi ile parçalanan antosiyeninler kendilerine özgü renklerini kaybederek gıdalarda renk kaybı ya da arzu edilmeyen renk oluşmasına sebep olmaktadır. Antosiyeninlerin parçalanmasına neden olan en önemli faktör ürüne uygulanan ısıdır. Bu nedenle süreden bağımsız bir şekilde uygulanan ısıtma işlemi antosiyeninlerde mutlaka parçalanmaya neden olmakta ve depolama boyuncada bu parçalanma devam etmektedir (Kırca 2004).

Isıl işlemlerin antosiyeninler üzerine etkisine benzer şekilde ısı olmayan işlemlerde antosiyeninler üzerine olumsuz etki etmekte ve bozunmalarına neden olmaktadır. Bazı çalışmalarda doz ve ürün çeşidine göre kısmen antosiyenin miktarının arttığı sonuçlar saptansada, genellikle literatürde ışınlanmanın antosiyeninler üzerine olumsuz etkisi rapor edilmiştir.

Işınlama sonrasında antosiyaninlerin azalma mekanizmasıyla ilgili birçok görüş bulunmaktadır. Gamma radyasyonun antosiyaninlerde bozucu reaksiyonlara yol açtığı, bu etkinin radyasyonun dozuna ve meyvede bulunan antosiyaninin yapısına göre fazla veya az olabileceği rapor edilmiştir. Düşük radyasyon dozlarında diglikozitlerin bozunmaya karşı monoglikozitlerden daha dayanıklı olduğu yüksek dozlarda ise radyasyona dayanıklılık açısından aralarında bir fark gözlenmediği rapor edilmiştir. Işınlama sonrası antosiyanin miktarındaki azalma mekanizması için bir diğer görüş ise, ışınlama sonrası oluşan serbest radikallerin glikozidik bağlarda yarılmaya neden olmasıdır.

Antosiyaninler, ortamda bazı bileşenlerle bir araya gelerek kopigmentasyon yapar ve daha kararlı bir yapı meydana getirirler. Kopigment oluşturdukları yapılar bazen antosiyaninlerin kendisi olurken bazende fenolik bileşenler, flavonoidler gibi bitkinin kendinde varolan maddelerden oluşur. Işınlama, söz konusu mekanizmanın oluşumunu ve dolayısıyla kopigment oluşumunu engelleyerek, antosiyaninlerin daha kararlı yapı kazanmasını dolayısıyla meyvede daha stabil bir renk oluşumuna engel olarak antosiyaninlerin daha kolay bozunmasına ya da bozunma hızının artmasına neden olmaktadır.

Bir diğer açıklama ise, fenolik bileşenlerin birikiminde rol oynayan yol izindeki anahtar enzimlerin etkinliğine benzer şekilde 4-CL ve DFR gibi antosiyanin birikimine katkı sağlayan enzimlerin UV ışınlama sonrasında inaktif hale gelerek ışınlama sonrası antosiyanin miktarının olumsuz etkilenmesidir. Işınlamanın flavonoid mekanizmasıyla yakından ilişkili genler üzerinden etki ederek antosiyaninlerin miktarının azalmasına neden olduğu belirtilmektedir.

Isı ve radyasyonun yanı sıra ortamda bulunan bazı şekerler ile bu şekerlerin parçalanma ürünlerinin (furfural ve HMF gibi) antosiyaninlerin parçalanmasını hızlandırdığı belirlenmiştir. Glikoz, fruktoz, kslioz ve sakkaroz ve bunların parçalanma ürünlerinin ortamda bulunduğu durumda siyanidin-3-glikozitin degradasyonunun incelendiği bir çalışmada, şekerlerin antosiyaninlerin bozunmasını hızlandırıcı etki yaptığı bununla birlikte şekerlerin parçalanma ürünleri olan HMF ve furfuralin antosiyaninlerin bozunmasını şekerlerden daha fazla hızlandırdığı, model sistemde yapılan başka bir çalışmada pelargonidin-3-glikozitin bozunmasının HMF tarafından hızlandırıldığını, konkord üzümünde yapılan çalışmada ise sakkarozun glikoza kıyasla antosiyaninlerin parçalanma hızını arttırdığı saptanmıştır (Markakis ve ark. 1957, Debicki-Pospisil ve ark. 1983, Calvi ve Francis 1978, Kırca 2004).

Yukarıda bahsedilen tüm mekanizmalar nedeniyle uygulanan ısı ve ısı olmayan işlemlerin antosiyaninler üzerine olumsuz etkisi olduğu aşıkardır. Bununla birlikte söz konusu işlemlerin birinin ya da birkaçının üründe HMF oluşumuna neden olduğu saptanmıştır. Bu nedenle antosiyanin miktarındaki azalmayı yalnızca mekanizmalara bağlamak ve bu şekilde açıklama getirmek çok doğru olmayacağından ürünün özellikleri, içerdiği şekerler ve şekerlerin uyguladığımız işlemler sonrasında açığa çıkan parçalanma ürünlerinde antosiyaninler üzerine etkisinin olduğunu vurgulamak gerekir. Kesin bir yargıya varabilmek için mekanizma ile ilgili daha detaylı analizler yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Sonuç olarak literatürde radyasyonun antosiyaninler üzerine etkisinin daha çok katı ürünler üzerindeki çalışmalarla sınırlı kaldığı ve özellikle bu yöndeki araştırmaların meyve sularındaki örneklerinin eksik bulunduğu vurgulanmıştır (Bakowska ve ark. 2003). Çalışmamızda elde edilen veriler ile beyaz üzüm sularına uygulanan UV ışınlama ve gamma radyasyon ile ısı işlemlerin antosiyaninler üzerine etkisinin belirlenmesi ile de bu konudaki eksik verilere katkıda bulunulmuştur.

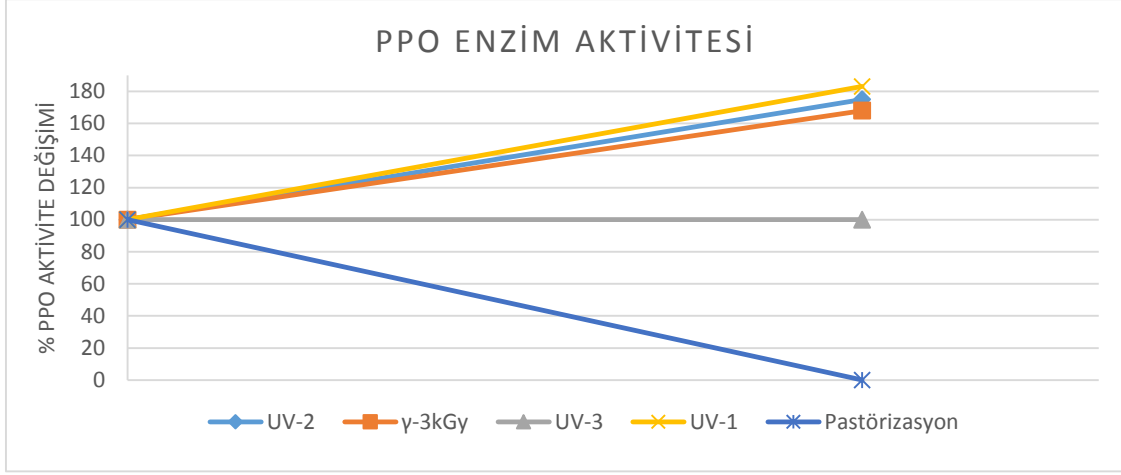
4.5.3. Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Polifenol Oksidaz (PPO) Aktivitesine Etkisi

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışına maruz kalan üzüm sularının polifenol oksidaz aktivitesi üzerine etkileri Çizelge 4.8 ve Şekil. 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.8. İşlemlerin Üzüm Sularının Polifenol Oksidaz (PPO) Aktivitesi Üzerine Etkisi

İşlem*	PPO aktivitesi (U/ml enzim ekstraktı) Uygulama öncesi	PPO aktivitesi (U/ml enzim ekstraktı) Uygulama sonrası
Pastörizasyon	21600±346 ^a	0±0 ^b
UV-1-1598 mJ cm ⁻²	21600±346 ^a	39600±346 ^c
UV-2-441 mJ cm ⁻²	21600±346 ^a	37800±754 ^d
UV-3-239 mJ cm ⁻²	21600±346 ^a	21600±600 ^a
γ-3kGy	21600±346 ^a	36200±693 ^e
γ-5kGy	21600±346 ^a	34800±600 ^f

* Aynı satırda bulunan harfler, her işlemin kontrol örneğine göre istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi kontrol örneği ile kıyaslanmaktadır. Pastörizasyon işlemi için tek satır, UV işlemi için üç satır ve gamma radyasyon için iki satır, kendi aralarında değerlendirilmektedir (p<0.05).



Şekil 4.5. İşlemlerin Üzüm Sularının Polifenol Oksidaz (PPO) Aktivitesi Üzerine Etkisi

Polifenol oksidaz (PPO), arzu edilmeyen kahverenkli pigmentlerin oluşumuna neden olan, o-dihidroksi fenollerin o-kinonlara okside olduğu polimerizasyon reaksiyonu olmak üzere, birçok fenolik bileşiğin oksidasyonunu katalizleyen, birçok meyve suyunda enzimatik esmerleşmeden sorumlu bakır içeren bir enzimdir (Koutchma ve ark. 2016). Çizelge 4.8 incelendiğinde, örneklerin başlangıçtaki polifenol oksidaz değerlerine kıyasla uygulanan işlemler sonrası pastörizasyon işlemi enzim aktivitesini tamamen durdurmuş, 239 mJ cm⁻² dozda uygulanan UV ışınlama sonrasında enzim aktivitesi üzerine bir etki yaratmazken ($p \geq 0.05$) yüksek dozlarda (1598 ve 441 mJ cm⁻²) ışına maruz kalan üzüm sularının enzim aktivitesinin arttığı saptanmıştır. Gamma radyasyon uygulamasında farklı dozlar, UV işlemindekine benzer etki yaratmış ve uygulama sonrasında her iki doz içinde üzüm sularının polifenol oksidaz enzim aktivitesinde artış saptanmıştır. Kontrol örneğine göre yapılan kıyaslamaya göre 239 mJ cm⁻² dozda uygulanan UV ışınlama işlemi dışında ($p \geq 0.05$) tüm işlemlerin enzim aktivitesi üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). İşlemler arasında yapılan istatistiksel analize göre, tüm işlemlerin birbirinden farkının önemli olduğu, UV ve gamma radyasyon uygulama parametreleri kıyaslandığında ise debiler ve dozlar arasındaki farklarında önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). PPO aktivitesindeki en büyük artış, en yüksek dozdaki UV ışınlama işleminde elde edilmiştir.

Literatürde UV ışınlamanın ürünler üzerine etkisi incelenirken çoğu çalışma ışınlamanın mikrobiyal inaktivasyon üzerine etkisine odaklanmakta, UV uygulamasının enzimler üzerine etkisi konusunda sınırlı literatür bulunmaktadır. Bu literatürlerde polifenoloksidaz (PPO) aktivitesi üzerine yapılan çalışmaların yeterli olmaması nedeniyle ışınlamanın diğer enzimler üzerine etkisi ile ilgili çalışmalarda baz alınarak UV ışığın üzüm

sularının enzim aktivitesi üzerine etkisi aydınlatılmaya çalışılmıştır. Özellikle polifenol oksidaz (PPO) enzimi üzerine yapılan sınırlı birkaç çalışmada, UV ışının enzimler üzerine etkisiyle ilgili farklı sonuçlar bulunmuştur. Bazı araştırmalarda, UV ışınlama uygulamasının, PPO enzim aktivitesi üzerine olumlu ya da olumsuz bir etkisi saptanmamışken bazı çalışmalarda da etki gözlenmiş fakat enzimi tamamen inaktive edecek doz veya ışınlama süresi üzerine yoğunlaşmıştır. Örneğin farklı elma çeşitlerinden elde edilen elma sularının bazı kalite kriterleri ve enzim aktivitesi üzerine UV ışınlamanın etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, 120 dakika boyunca 400 W gücündeki bir lambayla muamele edilen elma sularında peroksidaz (POD) enziminin tamamen inaktive edilmesi için gerekli süre 15 dakika olarak saptanmışken PPO enziminin inaktivasyonu ancak 100. dakikada gerçekleştirilmiştir (Falguera ve ark., 2011). Aynı cihazda, iki beyaz ve iki pembe olmak üzere dört farklı üzüm çeşidiyle yapılan çalışmada ise, 140 dakika boyunca UV ışına maruz kalan üzümler, yukarıdaki çalışmada kullanılan elma sularından daha uzun süre işlem görmesine rağmen PPO enzimi tamamen inaktive edilememiş, aktivitesi beyaz üzümlerde % 80, pembe üzümlerde ise yalnızca % 50 azalmış bununla birlikte peroksidaz (POD) enzimi ise önceki çalışmaya benzer şekilde tamamen inaktif hale gelmiştir (Falguera ve ark. 2013). Bezelye fidelerinde yapılan bir çalışmada ise UV ışınlamanın PPO enzim aktivitesi üzerine arttırıcı ya da azaltıcı bir etkisinin bulunmadığını rapor etmişlerdir (Demorrow ve Henry 1977, Birdal 2011).

Mango suyuna uygulanan farklı dozlardaki UV ışınlama ve 90 °C'de 60 saniyelik pastörizasyon işlemi ile yıldız meyvesi suyuna uygulanan UV-C ışınlama işleminin antioksidan aktivite üzerine etkisinin (Bhat ve ark. 2011) incelendiği çalışmalarda, ışınlama sonrasında antoksidan aktivitede görülen artışın, UV-C ışınlama ile oluşan strese cevap olarak geliştiği ve ışınlamanın fenolik bileşen mekanizmasında rol oynayan PAL enzim aktivitesi üzerine arttırıcı etkisinden söz edilirken ışınlamanın polifenol oksidaz (PPO) enzim aktivitesinde de benzer bir etkiye neden olabileceği vurgulanmıştır.

Elma suyunda PPO aktivitesinin azaltılmasında UV radyasyonun etkinliğinin araştırıldığı çalışmada, UV ışınlamanın PPO enzim aktivitesi üzerine herhangi bir etkisi saptanmamıştır. Bu durumun, karıştırma işleminin etkinliğinin yetersiz olması ve elma suyunun absorpsiyon sabitinin yüksek olmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür (Müller ve ark. 2014). Çalışmanın devamı niteliğindeki diğer araştırmada ise sodyum asetat tampon çözeltisi ile elma ve üzüm sularında UV ışının, PPO enzim aktivitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Tampon çözelti ve elma suyunda UV ışınlamanın enzim aktivitesinde azalmaya

neden olmasına karşın aynı koşulların üzüm suyunda PPO aktivitesinde artışa sebep olduğu saptanmıştır. Bu farklılığın, meyve suyunda bulunan çözünebilen bileşiklerin ışını absorblayarak UV-C ışığın enerjisini zayıflatması ya da meyve çeşidine göre enzim yapılarının ışına karşı farklı hassasiyetlere sahip olmasından kaynaklandığı vurgulanmıştır. Çalışmada yine akışta uygulanan pompalama işleminin veya reaktördeki akış şartlarının PPO enzimi üzerinde farklı etkilere sebep olabileceği, elma suyu ve tampon çözeltideki enzim aktivitesinde azalma sağlanmışken üzüm suyunda enzim aktivitesinin artmasında ilave etki yapmış olabileceği belirtilmiştir (Müller ve ark. 2014).

Taze sıkılmış elma suyunda ultraviyole radyasyon ve vurgulu elektrik alan uygulamalarının tek başına ve ısıl işleme ya da birbirleriyle kombinasyon halinde etkisinin incelendiği çalışmada, UV ışınlamanın tek başına PPO ve POD enzim aktivitesi üzerine etkisinin bulunmadığı rapor edilmiştir (Noci ve ark. 2008).

UV bölge dalga boyunu kapsayan geniş bir spektrumda ışın yayan vurgulu ışın (Pulsed Light, PL) teknolojisinin mantarlara uygulanmasının, PPO enzim aktivitesi üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, mantarlardaki PPO enzim aktivitesinde artış saptanırken (Oms-Oliu ve ark. 2010), taze kesilmiş mangolarında yapılan benzer bir çalışmada da benzer şekilde, vurgulu ışınla muamele edilen mangoların PPO enzim aktivitesinde artış gözlenmiştir (Manzocco ve Nicoli 2012). Düşük miktarlarda enzim içeren enzim solüsyonunda ışına hassasiyetinin fazla olduğu ve ışınlama sonrasında enzim aktivitesinin % 50'sini kaybettiği saptanmıştır. Buna karşın yüksek enzim içeriğine sahip enzim çözeltisinde daha yüksek fotostabilite bir başka deyişle enzimin ışığa karşı daha yüksek bir dayanım saptanmıştır. Düşük miktardaki enzim solüsyonları için 0.1 J cm^{-1} doz % 50'lik enzim inaktivasyonu için yeterli olurken yüksek enzim içeren solüsyonlarda aynı inaktivasyon değerini sağlamak için üç kat fazla doz uygulamak gerekmiştir. Belirtildiği üzere, PPO enziminin ışığa karşı dayanıklılığı (fotostabilite) enzim solüsyonunun içerdiği enzim miktarına göre farklılık göstermektedir. Enzimin ışığa hassasiyetinin, ortamdaki protein konsantrasyonu ile de yakından ilişkili olduğu saptanmıştır (Manzocco ve Nicoli 2012). Sulu çözeltilerdeki protein çokluğu, katlanma ya da kümeleşmelerini hızlandırmak suretiyle proteinin yapısındaki modifikasyonları kontrol edebilmektedir. Işın gibi fiziksel stresler nedeniyle oluşan bu makromoleküler kalabalık içerisinde oluşan yapısal modifikasyonlar ile spesifik protein konformasyonları meydana getirerek proteinlerin ışına karşı hassasiyetlerini değiştirebilmektedir. Böylece ortamdaki proteinler, dolayısıyla enzimler ışına ya da fiziksel strese karşı daha dayanıklı hale

gelmektedir. Bu görüşe dayanarak, PPO enzimidaki protein kalabalığı sayesinde ışığa karşı dayanıklılığının arttığı ve bu sayede ışınlamadan etkilenmediği aksine enzim aktivitesinin arttığı sonucu çıkarılabilir (Manzocco ve ark. 2013).

Proteinlerde oluşan bu durumun yanı sıra, proteinlerin ışığa hassasiyetlerini, mikroorganizmalar, ürün içerisindeki katı partiküller, askıda parçacıklar etkileyebilmekte ışık kaynağı ile hedef obje arasında gölgeleme etkisi yapabilmektedir. Proteinler, bölgesel gölgeleme etkisiyle birbirlerini ışın kaynağından koruyabilmektedir. Bu sayede örneğin yüzeyinde konumlanmış moleküller daha iç kısımdakilerine göre bir koruma kalkanı oluşturarak içerideki molekülleri fotoreaksiyona karşı korumaktadırlar.

Sonuç olarak PPO enziminin hassasiyeti, enzim konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Çözeltideki enzim moleküllerinin yakınlığı, protein konformasyonunu kolaylaştırmaktadır. Belirli bir konsantrasyona kadar kolayca inaktif hale gelen PPO enzimi, yüksek konsantrasyonlara gelindiğinde bu yakınlık nedeniyle protein moleküllerinin yeniden düzenlenme eğilimi azalmakta bu sayede ışına hassasiyetin azalması sonrasında ışığın enzim üzerine etkisini azaltmaktadır.

Literatürde PPO enzim aktivitesi üzerine UV ışığın etkisiyle ilgili yapılan çalışmalarda, farklı sonuçlar saptanmıştır. Çalışmaların büyük çoğunluğu yalnızca elma ve portakal sularında PPO ve PME aktivitesi üzerine yoğunlaşmıştır. Elma cidarından elde edilen PPO enzimi üzerine 1.5 kJ/L ışın dozu uygulaması sonrasında enzim aktivitesinde % 14.5 artış saptanmıştır. Söz konusu artış, elma parçacıklarının parçalanması ya da hidrodinamik stresin bozucu etkisinden kaynaklanan dokudan enzimin serbest kalmasına dayandırılmıştır. PPO gibi enzimler 253.7 nm dalga boyundaki ışığa karşı yüksek dayanıklılık göstermektedir (Koutchma ve ark. 2016). Enzimin bir kısmı ya da tamamının inaktif hale getirilmesinde pH, ışınlama süresi ve sıcaklık, etkili faktörlerdir (Sampedro ve ark. 2014). Bunun yanı sıra, UV ışınlama sonrasında enzimlerde meydana gelebilecek fotoreaktivasyon ve karanlık onarımı (dark repair) gibi olası yan etkiler, başlangıçta azalmış gibi görünen enzimlerin UV ışınlanmış ürünlerin depolama boyunca raf ömrünü kısaltarak gıdanın kalitesinin azalmasına sebep olabilmektedir (Koutchma ve ark. 2016).

Meyve ve sebzeler ile bunlardan elde edilen ürünlerin korunması ve raf ömrünün uzatılması amacıyla en yaygın olarak kullanılan metod ısıl işlemlerdir (Bhat ve Stamminger

2015). Özellikle enzim aktivesinin azaltılarak ya da tamamen inaktive edilerek meyve sularında renk değişimi, besin bileşeni kaybı, istenmeyen tat ve koku oluşumu gibi olumsuz durumların ortaya çıkması engellenmektedir. Halen meyve suyu prosesinde yaygın olarak kullanılan pastörizasyon işlemi ile ilgili yapılan literatür çalışmaları, enzimlerin ısıl işlemle inaktif hale getirildiği normlar bilindiğinden daha çok ısıl işlemlerin enzimler üzerine etkisinin inaktivasyon kinetiği veya farklı ısıl olmayan işlemler ile ısıl işlemlerin kombinasyonu ile daha ılımlı ısıl işlem normları saptayarak hem meyve suyu gibi gıdaların kalite kayıplarını azaltmak hem de emerjiden tasarruf sağlayarak daha ekonomik üretim yapabilmek üzerine yoğunlaşmıştır. PPO enzimi, peroksidaz (POD), lipoksigenaz (LOX) gibi enzimlere kıyasla ısıya karşı daha az dayanıklıdır (Schweiggert ve ark. 2005, Cervantes-Elizarraras ve ark. 2017).

LOX, POD ve PPO enzimlerinin aktivitelerinin ısıl işlemle inaktivasyonunun araştırıldığı bir çalışmada, paprika ve şili biberlerinden elde edilen enzimlerden ısıya karşı stabilitesi en az olan enzim PPO olarak saptanmış tamamen inaktive edilebilmesi için 80 °C’de 10 dakika ısıtma işlemi yeterli gerektiği saptanmıştır (Schweiggert ve ark. 2005).

Mantar örneklerindeki PPO enzim aktivesinin ısıl işlem ve termosonikasyon uygulaması sonrasında inaktivasyon kinetiğinin incelendiği bir çalışmada, 55-75 °C aralığında uygulanan sıcaklık değerlerinden 30-50 °C aralığında PPO enzimi durağanken 50 °C’nin üzerindeki sıcaklık değerlerinde PPO aktivesindeki düşüş hızlı olmaktadır. 55 C’de 30 dakikalık ısıtma periyodunda enzim aktivesinde % 46 lık bir düşüş gözlenirken 65 °C de aynı sürede ısı uygulaması ile mantardan ekstrakte edilen PPO enziminin aktivesi tamamen inhibe edilmiştir (Cheng ve ark. 2013). PPO aktivesinin 55-75 °C’deki termal inaktivasyon kinetiği incelendiğinde, PPO denatürasyonundaki artışın sıcaklık ve uygulama süresindeki artışla paralellik gösterdiği belirtilmiştir. 45 °C’de 30 dakikalık ısıtma işlemi, enzim üzerinde herhangi bir etki yapmazken 65 °C’nin üzerinde hızlı bir denaturasyon gözlenmiştir. 75 °C’de 4 dakikalık ısıl işlemde benzer şekilde enzimi tamamen inaktive ettiği saptanmıştır. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar, araştırma sonuçlarıyla benzerlik göstermiş 85 °C’de uygulanan pastörizasyon işlemi ile üzüm sularından ekstrakte edilen PPO enzimi tamamen inaktif hale gelmiştir.

Portakal sularında, UV ışınlanmanın ısıl işleme kıyasla, mikrobiyal inaktivasyonun yanı sıra portakal suyundaki pektin metilesteraz (PME) enzim aktivesine etkisinde araştırıldığı

bir çalışmada, UV ışının ısı işleminden farklı olarak enzim aktivitesine etki etmediği buna karşın ısı işlem uygulamasının portakal suyunda PME aktivitesi üzerinde % 70 azalma sağladığı rapor edilmiştir (Tran ve Farid 2004).

Ananas püresinde bulunan PPO enzim inaktivasyonunda 40-90 °C sıcaklık aralığında uygulanan ısı işlemin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, 40-60 °C'de 30 dakika ısı uygulamasının PPO enzim aktivasyonunu % 60 azaltmış 75 °C 'nin üzerinde ise enzim denatürasyonunun arttığı saptanmıştır. 85 °C'de 5 dakika ve 90 °C'de 5 dakika ısıtma işlemi sonrasında ise kalıntı enzim miktarının sırasıyla % 5 ve % 1.2 olduğu belirtilmiştir (Chutintrasri ve Noomhorm 2006).

Gamma radyasyonun farklı enzimler üzerine etkisiyle ilgili birçok çalışma bulunmakla birlikte bu çalışmalardan çok azı PPO enzimi aktivitesi üzerine yoğunlaşmıştır. Yapılan sınırlı çalışmalardan elde edilen sonuçlarda ise, enzim aktivitesi ya değişmemiş ya da bir miktar azalmıştır. Örneğin karalahana suyuna uygulanan gamma radyasyonun (3-5 kGy), mikrobiyal inaktivasyon ve PPO enzimi üzerine aktivitesinin incelendiği bir çalışmada, ışınlanmamış örneğe kıyasla PPO enzim aktivitesinde önemli bir değişim olmamıştır. Mango meyvesi ve mantarda yapılan ışınlama işlemi sonrasında PPO enziminde bir miktar inaktivasyon sağlanmasına rağmen çiğ ürünlerde ve ısı olmayan işlemlerle muamele edilen ürünlerde düşük dozda ışınlamaya karşı enzimler stabil olarak kabul edilmektedir (Kim ve ark. 2007).

Yapılan çalışmalarda elde edilen farklı bulgular, gamma radyasyonun enzimler üzerine etkisinin tam olarak aydınlatılmadığını göstermektedir. Çalışmamızda elde edilen verileri sağlıklı bir şekilde değerlendirmek amacıyla gamma radyasyonun farklı enzimler üzerine nasıl etki ettiği belirlenerek ortak görüşler doğrultusunda sonuçların değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

1-2 kGy arasında 6 farklı gamma radyasyon dozunun, şeftali örneklerinden izole edilen fenil alanin amonyak-liyaz (PAL) enzimi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, PAL enziminde ışınlama ile artış gözlenmiş ve ışınlama dozunun artmasıyla birlikte PAL enzim aktivitesinde de doğrusal bir artış saptanmıştır. Literatürde, PAL enziminin, hasarlanma ya da besinsel bir eksiklik gibi streslerde, miktarının ya da aktivitesinin arttığı saptanmıştır. Çalışmada, radyasyonunda yalnızca PAL enzimi üzerinde değil bitkisel ürünler üzerinde de

bir stres faktörü oluşturarak söz konusu faktörlerde artışına neden olduğu belirtilmiştir (Hussain ve ark. 2010).

Doğranmış lahanada kararmaya neden olan PAL, PPO ve Peroksidaz enzimlerinin gamma radyasyon uygulaması sonrasında değişimine dair yapılan çalışmada, fenolik metabolizmasında anahtar rol oynayan ve fenilpropanoid yol izindeki ilk enzim olan PAL enzim aktivitesinde 0.5 kGy ışınlama uygulamasında artış saptanmıştır. Işınlama dozu artışında ise, enzim aktivitesinde düşüş gözlenmiştir. Fenilpropanoid yol izinde aşağı yönlü ilerleme sürecinde rol oynayan, fenollerini o-kinonlara dönüştüren ve üründe kararmaya neden olan bir enzim olan PPO ve peroksidaza ise gamma radyasyon uygulamasının etkisi önemsiz bulunmuştur (Banerjee ve ark. 2014).

UV ışın ile enzim inaktivasyonu üzerine yapılan çalışmalar, daha çok katı ürünlerdeki etki üzerine odaklanmış meyve sularında yapılan çalışmaların azlığıyla birlikte meyve suyundaki çalışmalar, elma ve portakal sularına yoğunlaşmıştır. Polifenol oksidaz enzim aktivitesi ile ilgili çalışmalar çelişkili sonuçlar içermektedir. Bazı çalışmalar, başta PPO enzimi olmak üzere ışınlamanın enzimler üzerine etkisinin bulunmadığını belirtirken bir kısım çalışma, enzimin kısmen inaktivasyonunun sağlandığı, bir kısmı ise araştırma bulgularımıza benzer şekilde PPO enzim aktivitesinin arttığını saptamışlardır. Işınlamanın özellikle meyve suyu ortamında enzim aktivitesi üzerine farklı etkiler yaratmasının sebepleri arasında, meyve sularında bulunan lif vb. parçacıklar ile askıda katı partiküllerin farklı meyve suyu ortamlarında farklı miktarlarda bulunması ve bu parçacıkların mikroorganizmalarda yarattığı etkiye benzer şekilde enzimler içinde gölgeleme etkisi yaratarak ışının gücünü zayıflatması sonuçta enzimlerin ışıktan etkilenmesini engellemesi olarak açıklanmaktadır. Işınlamanın farklı gıda ortamlarında farklı etki etmesi sebebiyle meyve suyu ortamının UV ışın enerjisinin zayıflamasına sebep olması ya da farklı çeşitlerden kaynaklanan enzim yapılarının farklı hassasiyetlere sahip olmasından kaynaklandığı rapor edilmiştir. Enzimlerin farklı dayanıklılıklara sahip olması, çeşitlerdeki farklı dayanım özelliklerine sahip izoenzimlerin varlığından kaynaklanmaktadır (Koutchma ve ark. 2016). Bunun dışında ışınlamada kullanılan UV reaktörde, akışta uygulanan pompalama işleminin veya reaktördeki akış şartlarının PPO enzimi üzerinde farklı etkilere sebep olabileceği belirtilmektedir. Bununla birlikte ışınlamanın proteinler üzerinde yarattığı stres sonrasında proteinler ışına karşı daha dayanıklı hale gelebilmekte bunun sonucu olarakta enzimin ışına hassasiyeti azalabilmektedir. Işınlanan ürüne göre değişen stabilitelelerdeki enzimlerin ortamda bulunma miktarları da

ışından etkilenme oranını değiştirebilmekte, ortamda az miktarda enzim olduğu durumda enzim inaktivasyonu daha başarılıyken enzim miktarı arttıkça inaktivasyon için gereken ışınlama süresi ya da ışın dozu miktarı artmaktadır. İyonize radyasyon türü olan gamma radyasyon uygulamalarında ise, UV ışınlama işleme göre daha da sınırlı bir literatür olması nedeniyle değerlendirme amacıyla PPO enziminin yanı sıra, PAL ve Peroksidaz gibi enzimlerin de ışınlama ile aktivitelerinin nasıl değiştiği incelenerek bir değerlendirme yapılmıştır. UV ışınlama işleminde enzim aktivitesi ile ilgili elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmiş özellikle radyasyonun bir stres faktörü olarak enzim aktivitesini etkileyerek aktivitesini arttırdığı rapor edilmiştir.

Bununla birlikte meyve suyu ile ilgili yapılan çalışmalarda, özellikle meyve suyunun kompozisyonu, başlangıçtaki enzim konsantrasyonu ve pH derecesi gibi faktörlerinde enzim inaktivasyon seviyesinin belirlenmesinde etkili faktörler olduğu belirtilmiştir (Koshani ve ark. 2014, Cervantes-Elizarraras ve ark. 2017).

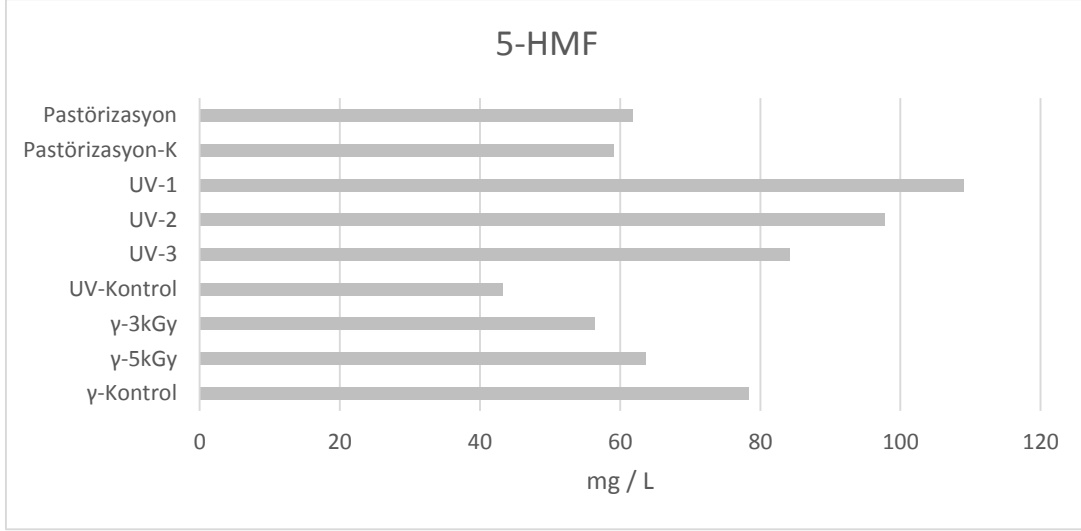
4.5.4. Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin 5- Hidroksimetilfurfural (5-HMF) Miktarına Etkisi

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışına maruz kalan üzüm sularının 5- Hidroksimetilfurfural (5-HMF) üzerine etkileri izelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. İşlemlerin Üzüm Sularının 5- Hidroksimetilfurfural (5-HMF) Miktarı Üzerine Etkisi

İşlem*	5-HMF, mg/L Uygulama öncesi	5-HMF, mg/L Uygulama sonrası
Pastörizasyon	59.08±0.57 ^a	61.78±3.79 ^a
UV doz-1598 mJ cm ⁻²	43.31±1.22 ^b	109.08±5.69 ^c
UV doz-441 mJ cm ⁻²	43.31±1.22 ^b	97.74±9.21 ^c
UV doz-239 mJ cm ⁻²	43.31±1.22 ^b	84.24±3.24 ^d
γ-3kGy	78.41±3.37 ^e	63.61±0.19 ^f
γ-5kGy	78.41±3.37 ^e	56.43±0.50 ^f

* Aynı satırda bulunan harfler, her işlemin kontrol örneğine göre istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi kontrol örneği ile kıyaslanmaktadır. Pastörizasyon işlemi için tek satır, UV işlemi için üç satır ve gamma radyasyon için iki satır, kendi aralarında değerlendirilmektedir (p<0.05).



Şekil 4.6. İşlemlerin Üzüm Sularının 5- Hidroksimetilfurfural (5-HMF) Miktarları Üzerine Etkisi

5-HMF, aldehit ve alkol fonksiyonel gruplarını içeren furan halkasına sahip altı karbonlu furan türevi bir moleküldür (Ros-Polski ve ark. 2016). UV ışınlatma ve iyonize radyasyon uygulamalarının 5-HMF üzerine etkisi hakkında sınırlı çalışma bulunmakta, türevi olduğu furan üzerine yapılmış çalışmalarda çok fazla olmamasına rağmen ısıl olmayan işlemlerin HMF'ye etkisi üzerine yapılanlara kıyasla furan daha fazla araştırmaya konu olmuştur. Bazı çalışmalarda ise hem HMF hem de furanın aynı araştırma içerisinde birlikte değerlendirildiği görülmüştür. Yüksek sıcaklık uygulanan ürünlerde, şekerlerin karamelizasyonu ya da enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu olan Maillard reaksiyonunda ara ürün olarak oluşabilmektedir (Martins ve ark. 2000). HMF, Uluslar arası Kanser Araştırma Merkezi (IARC) tarafından, insanlar için muhtemel kanser yapıcı bir bileşen olarak tanımlanmıştır (Palmer ve ark. 2015). 5-HMF'nin insanlar üzerindeki toksisitesi ve karsinojenliği ile ilgili çalışmalar bulunmamakla birlikte in vitro çalışmalar, 100 mM konsantrasyondaki 5-HMF 'in, insan hücrelerinde DNA hasarına sebep olduğunu göstermektedir (Durling ve ark. 2009, Ros-Polski ve ark. 2016). Bununla birlikte HMF içeriği, meyve suları için bir kalite kriteri olarak değerlendirilmekte, meyve suyunun fazla ısıl işlem görmesi ya da uygun olmayan koşullarda depolandığının bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Aguilar ve ark. 2016). Avrupa Meyve Suyu Birliği (AIJN), portakal suları için maksimum HMF miktarını 10 mg L^{-1} , elma suları için ise 20 mg L^{-1} olarak önermektedir (AIJN 2001, Aguilar ve ark. 2016). Ticari meyve sularında bulunan HMF miktarı ile ilgili çalışmalar ise meyve sularının HMF içeriğinin değişken olduğunu ve 0.08-

91.5 mgL⁻¹ aralığında değiştiğini göstermektedir. Bu nedenle birçok farklı teknolojinin, 5-HMF miktarının azaltılması amacıyla kullanılabilirliği araştırılmaktadır.

Çizelge 4.9 ve Şekil.4.6 incelendiğinde, üzüm sularının başlangıç 5-HMF değerlerinin 43.31 – 78.41 mg/L aralığında değiştiği görülmektedir. Pastörizasyon ve UV ışınlama işlemi sonrasında üzüm sularında oluşan HMF miktarlarında artış görülmesine karşın gamma ışınlama işlemi, üzüm sularının HMF miktarlarında azalmaya neden olmuştur. Isıl ve ısılsı olmayan uygulamalar sonrasında üzüm sularındaki HMF miktarları 56.43 – 109.08 mg/L aralığında değişmiştir. Pastörizasyon işlemi sonrasında HMF miktarında bir artış gözlenmiş fakat işlemin HMF zerine etkisi istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$). UV ışınlama ve gamma radyasyon uygulamaları, kontrol rneği ile kıyaslandığında işlemlerin HMF zerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Işlemler birbiri ile kıyaslandığında ise, işlemlerin HMF oluşumu üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Gamma radyasyon işleminde uygulanan dozlar arasında fark bulunmazken ($p \geq 0.05$), 1598 mJ cm⁻² ve dozda uygulanan UV ışınlama işlemlerinde söz konusu dozlar arasında da fark saptanmamış ancak UV ışınlama işlemindeki uygulamalar en düşük doz olan 239 mJ cm⁻² dozdaki UV ışınlama işleminde farklı bulunmuştur ($p < 0.05$).

UV ışının, 5-HMF'nin fotodegradasyonunun kinetik modellemesi üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, absorblanan UV-C ışın enerjisinin artmasıyla HMF konsantrasyonunun arttığı belirtilmiştir (Aguilar ve ark. 2016). Literatürde rapor edilen sonuç, çalışmamızı destekler nitelikte olup UV ışın dozu arttığıca üzüm sularındaki HMF konsantrasyonu artmış en yüksek HMF miktarı en yüksek doz olan 1598 mJ cm⁻² de elde edilmiştir.

50-250 mJ cm⁻² doz aralığındaki UV-C ışının, yüksek fruktozlu mısırsurubunda 5-HMF oluşumuna etkisinin incelendiği bir çalışmada, çalışma sonuçlarımızdan farklı olarak, 250 mJ cm⁻² dozdaki ışınlama işlemi, HMF miktarını % 43-62 oranında azaltmıştır. Başlangıçtaki HMF miktarı ne kadar yüksekse, ışınlama işlemi sonrası azalmanın o denli yüksek olduğu saptanmıştır. Bu değişimin UV-C ışının, karamelizasyon nedeniyle renkte meydana gelen değişimleri geri döndürmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Ros-Polski ve ark. 2016).

UV ışınlatma işleminin HMF oluşumu ve içeriğine etkisiyle ilgili sınırlı çalışma olması nedeniyle ışınlatmanın HMF nin türevi olduğu furana etkisiyle ilgili çalışmalarda dikkate alınarak HMF üzerine etkisi konusunda değerlendirmeler desteklenmeye çalışılmıştır. Farklı karbonhidratlar üzerinde yapılan çalışmalar, UV-C ışınlatma uygulamasının, fruktoz varlığında furan oluşumunu uyardığı buna karşın söz konusu uyarımın, glikoz ve sukroz varlığında gerçekleşmediği rapor edilmiştir. UV ışınlatmada maksimum furan oluşumu ise hidroklorik asit varlığında elde edilmiş ortama malik asit ilave edilmesinin furan oluşumu üzerine sinerjistik etki yarattığı belirlenmiştir (Bule ve ark. 2010).

Fan ve Geveke (2007), elma cidri ve şeker çözeltisinde UV ışınlatmanın furan oluşumu üzerine etkisinin inceledikleri çalışmada, UV-C işleminin furan oluşumu uyardığı ve furanın ana kaynağının fruktoz olduğunu belirtmişlerdir. 9 J cm^{-2} ışınlatmanın fruktoz çözeltisinde yüksek miktarda furan oluşumuna neden olduğu, glikoz ve sukroz varlığında ise çok daha düşük konsantrasyonlarda furan oluştuğunu rapor etmişlerdir. UV-C ışınlatma işleminin askorbik asit ve malik asit varlığında ise furan oluşumu üzerinde arttırıcı etkide bulunmadığı rapor edilmiştir. Meyve sularında ise, UV-C ışınlatmanın furan oluşumunu uyardığı ancak pastörizasyon amacıyla kullanılan dozlarda ise furan oluşumu üzerinde uyarıcı etkisinin daha düşük olduğu saptanmıştır.

Literatürde gamma radyasyonun HMF üzerine etkisinin incelendiği araştırmalarda, çalışmamıza benzer şekilde sonuçlar elde edilmiştir. Basit şekerler (fruktoz ve glikoz) ve birçok asidi içeren ve HMF oluşumu için optimum koşulları barındıran bal örneklerine uygulanan farklı iyonize radyasyon dozlarının (0-25 kGy) balın kalite özellikleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, örneklerdeki HMF içeriğinin, ışınlatma sonrasında tüm dozlarda azaldığı, 5 kGy dozun HMF içeriğine etkisinin önemsiz, 10, 15, 20 ve 25 kGy dozlardaki ışınlatmanın HMF içeriğindeki azalmaya etkisinin kontrol örneğine kıyasla önemli olduğu saptanmıştır (Bera ve ark. 2009). Gamma radyasyonun balın kalite özellikleri üzerine etkisinin incelendiği başka bir çalışmada benzer şekilde, 25 kGy dozda uygulanan gamma radyasyonun, HMF miktarında azalmaya neden olduğu saptanmıştır (Hussein ve ark. 2014).

Gamma radyasyonun 5-HMF’de neden olduğu degradasyonu inceleyen bir çalışmada, Co-60 kaynağından elde edilen 4.1 kGy/saat ve 8.1 kGy/saat radyasyon dozu ile gamma ve nötron kaynaklarının birlikte kullanılması ile üretilen 10 kGy/saat gamma ışınlatma sonrasında, 4.1 kGy radyasyon dozunda 1 saatlik uygulamada örnek kabında kahverenkli

viskoz bir polimerin olduğu, radyasyon dozu iki katına çıkarıldığında pigmentin granüler hale geldiği ve viskozitesini kaybettiği, radyasyon dozu daha da arttırıldığında çok ince siyah bir toza dönüştüğü belirlenmiştir. Nükleer reaktör kullanılarak yapılan ışınlamada 7 Mev lik bir enerji açığa çıkarken, Co-60 kaynağında yaklaşık 1.3 Mev luk bir enerji elde edilmiştir. Nötronların bulunduğu nükleer reaktör kullanıldığında, HMF nin tamamının kompozisyonunu değişmesine diğer bir deyişle bozunması için 10 kGy dozda yapılan ışınlamanın yeterli olduğu rapor edilmiş, daha düşük enerjili Co-60 kaynağı ise HMF nin % 31 lik kısmını bozundurmuştur. Co-60 kaynağına kıyasla nükleer reaktörde elde edilen gamma ışınlarının enerjisinin yüksek olması nedeniyle HMF üzerinde daha fazla hasara sebep olmasının muhtemel olduğu belirtilmiştir. Yaklaşık 4 kGy gibi düşük dozlarda viskoz polimerler oluşurken, 8 kGy dozlarda ise viskoz yapının bozunumu başlamış, ışınlama devam ettikçe bozunmanın devam ettiği rapor edilmiştir. HMF'nin bozunma reaksiyonu sıfırıncı mertebeden bir reaksiyon olarak belirlenmiş ve reaksiyona giren materyalin kompozisyonundan bağımsız, katalitik bir reaksiyonda katalistin miktarı veya fotokimyasal bir reaksiyonda ışığın miktarı gibi faktörlerden etkilendiği vurgulanmıştır. HMF, asidik ortamda formik ve levulinik aside parçalanırken Co-60 kaynağı ile gamma ışına maruz kaldığında şaşırtıcı bir biçimde bu maddelere parçalanmadığı rapor edilmiştir. OH, H, H₂O* (etkinleşmiş hal) ve H₂O₂ gibi radikallerin ortamda çok miktarda olduğu bunun dışında beklenenin aksine saptanabilir bir son ürün bulunmadığı belirtilmiştir. Bunun sebebi olarakta HMF nin bozunma sonrası oluşturduğu son ürünlerden bir kısmının analizi yapılamayan uçucu bileşenler olduğunu düşündürmüştür. Bozunma sonrasında, radyasyona maruz kalan şeker halkalarında bulunan iki ya da üç karbon içeren aldehidik parçaların varlığını gösterecek bir kanıt bulunmadığı vurgulanmıştır. Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde, HMF nin nispeten duyarsız olduğu ve gamma radyasyon altında şekerlerden oluşmadığına kanaat getirilmiştir. Formik ve levulinik asidin radyasyona olan hassasiyetinin incelenmesi gerektiği ve radyasyona maruz kaldıktan sonra oluşup ışın hassasiyetleri sebebiyle hızlıca degrade olabileceği bir mekanizmanın olasılığının değerlendirilmesi gerekliliği vurgulanmıştır. Bununla birlikte gamma ışınlanan örneğin buharlaşan kısmında analiz edilmesi, ışınlama sonrasında oluşması muhtemel gaz fazındaki maddelerin saptanması, böylece HMF nin degradasyon mekanizmasının aydınlatılması açısından önemi vurgulanmıştır (Bowles 1968).

Isıl işlem ve vurgulu elektrik alanın, çilek suyunun bazı kalite özelliklerine etkisinin incelendiği çalışmada, ısıl olmayan işleme kıyasla ısıl işlemde HMF miktarında artış gözlenmiş, 90 °C'de uygulanan ısıl işlem süresinin, iki katına çıkması ile HMF miktarında %

17'lik bir artış saptanmıştır. Isıl işlem süresinin artmasıyla paralel şekilde HMF miktarında arttığı vurgulanmıştır (Aguilo-Aguayo ve ark. 2009).

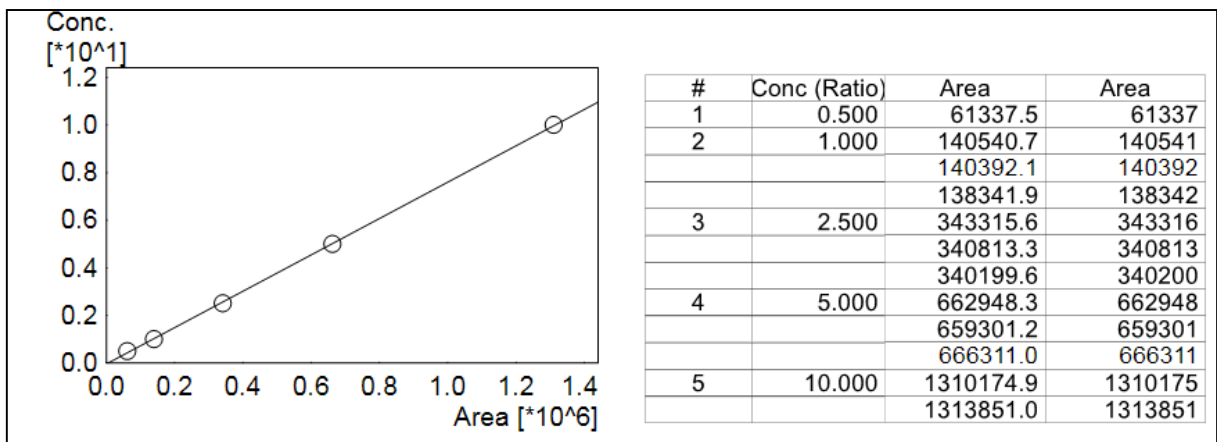
Domates suyuna 92 °C'de 90 saniye uygulanan ısıl işlemin vurgulu elektrik alan ile kıyaslandığı bir çalışmada, ısıl uygulama sonrasında HMF miktarında artış saptanmış, ısıl işlemin derecesi ve uygulanma süresinin, oluşan HMF miktarını etkilediği belirtilmiştir (Min ve Zhang 2003).

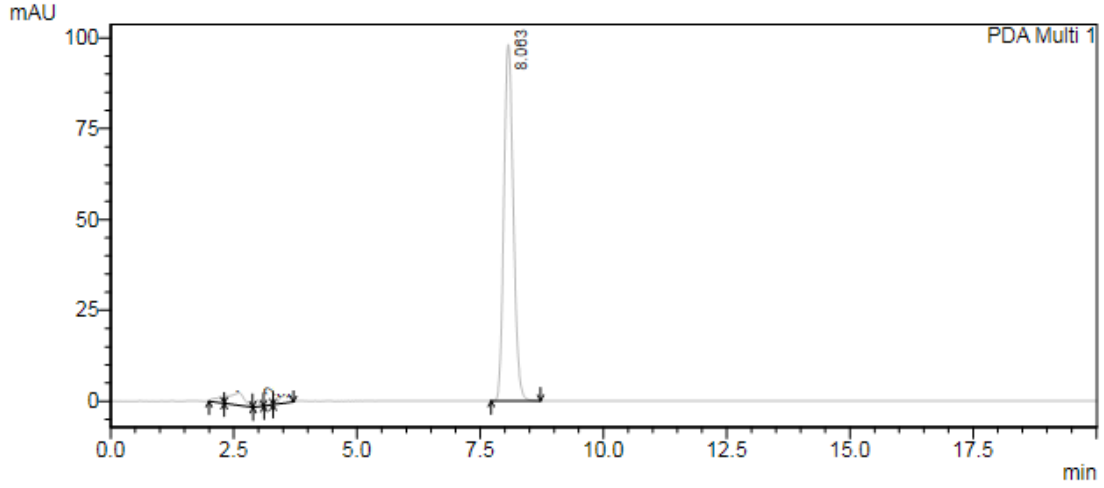
Beyaz üzüm sularına uygulanan ısıl işlemin HMF miktarına etkisi literatür sonuçlarıyla paralel şekilde değişmiş üzüm sularına uygulanan pastörizasyon işlemi sonrasında HMF miktarında yaklaşık % 5 lik bir artış belirlenmiştir. HMF miktarında literatürden daha düşük bir artış meydana gelmesinin, literatürde belirtildiği şekilde, HMF miktarı üzerine, uygulanan ısıl işlemin derecesinin etkili olması ve çalışmamızda literatüre göre daha düşük bir sıcaklık derecesinin uygulanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.5.5. Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin *trans*-Resveratrol Miktarına Etkisi

trans-resveratrol kalibrasyon eğrisi ve 10 ppm standart çözelti kromatogramı sırasıyla Çizelge 4.10. ve Şekil.4.7'de verilmiştir. Uygulanan analiz koşullarında *trans*-resveratrol için alıkonma süresi 8,063 dakika olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. *trans*-resveratrol Kalibrasyon Grafiği





Şekil 4.7. 10 ppm *trans*-resveratrol konsantrasyonunda standart çözelti kromatogramı

Farklı bölge kökenli Cabernet-Savignon, Merlot üzüm çeşitlerinden üretilen şarapların resveratrol düzeylerinin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmada, *trans*-resveratrol pikinin alıkonma zamanı çalışmamızda saptanan değere benzer şekilde 6 ile 7. (6.5 dk) dakikalar arasında saptanmıştır (Adıgüzel-Çaylak ve ark. 2008).

Polifenolik karakterde bir bileşik olan *trans*-resveratrol (3,5,4'-trihidroksistilben), doğada birçok bitkide bulunmasına karşın üzüm ve bileşenleri resveratrolün önemli kaynaklarından biri olarak kabul edilmektedir (Gerogiannaki-Christopoulou ve ark. 2006). Özellikle üzüm kabuğunda yüksek miktarda bulunan bir sekonder metabolit olan resveratrol, bitkiyi enfeksiyon ve patojenlere karşı koruyan bir antioksidan ve antimikrobiyal karakterde bir fitokimyasal bileşik olup sağlık yararları üzerinde kanıtlanmış birçok çalışma bulunmaktadır (Adıgüzel-Çaylak ve ark. 2008). Resveratrol, bitkide stres veya mikrobiyal enfeksiyonlara cevap olarak sentezlenmektedir (Langcake ve Pryce 1976, Gerogiannaki-Christopoulou ve ark. 2006). Buna ek olarak, fungusid, herbisid gibi bitkinin maruz kaldığı kimyasal uygulamalar ile UV ışına maruz kalma sonrasında da bitkide üretilmektedir. Üzüm tanelerinde, resveratrol sentezi, birincil olarak kabuk hücrelerinde meydana gelmekte, meyve etinde ise miktarı ya çok düşük olmakta ya da hiç bulunmamaktadır. Meyve etiyile birlikte, doku ve çekirdekte de çok az miktarda bulunmaktadır. Şarap üretiminde kabuk ve çekirdeklerin maserasyonu ile ürünün resveratrol değerinde yüksek seviyelere ulaşılmakta (Gerogiannaki-Christopoulou ve ark. 2006) buna karşın aynı değerler beyaz üzüm kullanıldığında elde edilememektedir (Kallithraka ve ark. 2001). Resveratrol miktarı kabukta fermantasyon süresince artmakla birlikte, ekstrakte edilen miktar büyük ölçüde üzüm

çeşidinin etkisiyle sınırlı kalmakta (Lamuela-Raventos ve ark. 1995, Kallithraka ve ark. 2001) ve şarap yapımında kullanılan üzümlerin ayırt edilmesinde göstergeç olarak üzerinde durulan bir kriter olarak gösterilmektedir (Vinas ve ark. 2008). Yine şarabın meşe fiçilerde yıllandırılması süreci ve rutubet (Vinas ve ark. 2008) gibi faktörlerde resveratrol miktarında artışa sebep olmaktadır. Amerikan kırmızı şaraplarında, resveratrol miktarlarının, 1 mg L^{-1} in altında olduğu saptanmıştır. Yunanistanın farklı bölgelerine ait şarapların resveratrol içeriklerinin incelendiği bir çalışmada ise 29 farklı şarapta resveratrol miktarları $0.508\text{-}2.534 \text{ mg L}^{-1}$ olarak saptanmıştır (Kallithraka ve ark. 2001). Beyaz şaraba kıyasla yüksek oranda resveratrol içeren kırmızı şarap, bu bileşen için diyetle alınabilecek ana kaynak olarak gösterilmektedir (Gerogiannaki-Christopoulou ve ark. 2006). Yapılan bir çalışmada kırmızı şarapta tespit edilen resveratrol miktarı $2.51 \text{ } \mu\text{g ml}^{-1}$ değerine ulaşırken beyaz şarapta ise $0.037 \text{ } \mu\text{g ml}^{-1}$ olarak saptanmış ve literatür verilerini doğrular nitelikte kırmızı şaraba kıyasla çok düşük miktarda bulunmuştur (Vinas ve ark. 2008). Benzer durum kırmızı üzüm suları ile beyaz üzüm sularının resveratrol içeriklerinde de görülmektedir.

Genel bir kural olarak beyaz şarapta, kırmızı şaraba kıyasla çok daha düşük miktarlarda resveratrol bulunması durumu, beyaz üzüm suyunda kırmızı üzüm sularına ve meyvedekine kıyasla daha az resveratrol içeriğinin de göstergesidir. Bu sekonder metabolitin, durultma ajanları ve filtreleme işlemlerinden de etkilendiği ve söz konusu işlemlerin resveratrol miktarını azalttığı rapor edilmiştir (Lamuela-Raventos ve ark. 1995, Kallithraka ve ark. 2001). Metot karşılaştırması amacıyla farklı örneklerde yapılan çalışmada bu kanıyı doğrular nitelikte sonuçlar bulunmuş, durultma yapılmayan örnekte *trans*-resveratrol miktarı $0.650 \text{ } \mu\text{g ml}^{-1}$ iken durultma yapılan şarapta resveratrol miktarında düşüş gözlenmiş ve söz konusu değer $0.472 \text{ } \mu\text{g ml}^{-1}$ olarak saptanmıştır (Vinas ve ark. 2008). Aynı çalışmada meyve sularının içerdiği resveratrol miktarıda belirlenmiş greyfurt suyunda resveratrol saptanmazken, kırmızı meyvelerden elde edilen meyve suyunda $0.047 \text{ } \mu\text{g ml}^{-1}$, çilek suyunda ise $0.034 \text{ } \mu\text{g ml}^{-1}$ olarak elde edilmiştir. Bu değerler göz önünde bulundurulduğunda, şarabın resveratrol için temel bir kaynak olarak önerilmesi, özellikle meyvede bulunan miktarına kıyasla içerdiği yüksek resveratrol nedeniyle mantıklı görülmektedir. Bununla birlikte *cis*-resveratrol üzüm sularının doğal bir bileşeni olmamasına karşın özellikle şarap üretimi sırasında çeşitten ve teknolojiden bağımsız olarak *trans* izomerinden türeyerek şaraplarda oluştuğu belirtilmektedir (Gerogiannaki-Christopoulou ve ark. 2006). *trans*-izomerin *cis* forma izomerizasyonu, ısı ile gerçekleşebildiği gibi UV ışınlama ile de oluşmaktadır (Vinas ve ark., 2008). Bu bilgiden yola çıkılarak şarapla kıyaslandığında meyve sularına

uygulanan ısıtma işlemi ve/veya UV ışınlatma işlemi, bünyelerinde az miktarda resveratrol barındıran meyve sularındaki *trans*-resveratrolü izomerizasyona uğratarak *cis* formuna dönüştürmekte ve meyve sularındaki miktarını daha da azaltmaktadır.

Türkiye’de şarap yapımında kullanılan, 7 kırmızı ve 4 beyaz üzüm çeşidinden elde edilen 11 farklı şıra ve şarabın, kateşin, epikateşin ve *trans*-resveratrol miktarlarının incelendiği çalışmada, 3’ü kırmızı, 2’si ise beyaz üzüm olmak üzere toplam 5 çeşit, Tekirdağ bölgesinden seçilmiştir. Bu çeşitlerden Cabernet Sauvignon 0.0004 mg L⁻¹ konsantrasyon ile en düşük resveratrol değerine sahip çeşit olarak saptanmıştır. Bu bölgeden seçilen diğer çeşitler olan Merlot ve Semillion çeşidi de sırasıyla 0.0008 ve 0.0082 mg L⁻¹ konsantrasyon ile çok düşük resveratrol konsantrasyonuna sahip çeşitler olarak ön plana çıkmıştır. Çalışmada 0.291 mg L⁻¹ konsantrasyon ile Emir çeşidi (Ankara), şırada en yüksek resveratrol değerine sahip çeşit olarak belirlenmiştir (Gürbüz ve ark. 2007). Çeşitlerden elde edilen şaraplarda resveratrol miktarları incelendiğinde ise, en düşük resveratrol miktarı 0.116 mg L⁻¹ konsantrasyon ile Semillion çeşidinden elde edilen şarapta saptanmış, sonraki en az konsantrasyon ise yine Tekirdağ bölgesinden tedarik edilen çeşitte 0.176 mg L⁻¹ konsantrasyon ile Merlot çeşidinde tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmada da, kırmızı çeşitlerin beyaz çeşitlere göre daha yüksek resveratol içeriğine sahip olduğu vurgulanmış üzümlerin şıra haline getirilmesi sırasında da fenolik profilinde değişim olduğu belirtilmiştir.

Resveratrolce zenginleştirilmiş üzüm suyu üretmek amacıyla üzümlerin UV ışınlatma uygulamasına maruz bırakıldığı bir çalışmada da benzer şekilde, beyaz ve rose şarapların kırmızı şaraplara kıyasla çok daha az resveratrol içerdiği vurgulanmıştır (Bravo ve ark. 2008). Bununla birlikte toprak tipi ve fungal baskı, *trans* resveratrol gibi fenolik bileşenlerin konsantrasyonu üzerine etkili faktörlerdir (Baptista ve ark. 2001, Gürbüz ve ark. 2007). Edafoklimatik koşullar olarakta adlandırılan toprak tipinin yanı sıra sulama ve sıcaklık değerleri ile patojen saldırısıda üzüm çeşidinin içerdiği resveratrol miktarını etkilemektedir (Gonzalez-Barrio 2009).

Beyaz üzüm suyunun resveratrol içeriği ve maserasyon ile fermantasyon sonrasında üzüm suyundan elde edilen şaraptaki resveratrol içeriğinin belirlendiği çalışmada, fenolik bileşiklerin birçoğunun üzüm suyunun elde edildiği proseste, bileşenlerin suda çözünürlüklerinin az olması sebebiyle yan ürünler ile ortamdan uzaklaştığı belirtilmiştir (Gonzalez-Barrio ve ark., 2009). Benzer çalışmalar maserasyon aşamasına gelmemiş şıradaki

resveratrol miktarının maserasyon sonrasındakine oranla çok düşük olduğunu göstermiştir. Yapılan bir çalışmada 0.03-0.5 mg L⁻¹ aralığında saptanan meyve suyundaki resveratrol miktarı (Romero-Perez ve ark. 1999), Gonzalez- Barrio ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada 0.05 mg L⁻¹ olarak belirlenmiş ve sırada maserasyon sonrası 24 kat arttığı saptanmıştır. Resveratrolünde içerisinde bulunduğu toplam stilben içeriğinin de incelendiği çalışmada, başlangıçta üzümlerde ve sonrasında elde edilen üzüm sularında maserasyon öncesinde resveratrol miktarı neredeyse saptanma limitinin altında kalmıştır.

Literatür incelendiğinde üzümlerde resveratrol, 6.67 mg kg⁻¹ yaş meyve değerinden saptanamayacak iz değerlere kadar değişen bir aralıkta fakat üzümlerde genotip, tarımın yapıldığı coğrafi bölge, büyüme koşulları ve depolama koşulları gibi birçok faktöre bağlı olmakla birlikte oldukça düşük miktarlarda bulunabildiği rapor edilmiştir (Cantos ve ark. 2002, Guerrero ve ark. 2010). Resveratrolün miktarı *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer* ve okraatoksijenik *Aspergillus* türlerinin neden olduğu enfeksiyonlara cevap olarak üzüm meyvesinde belirli miktarlarda oluştuğu bilinmektedir. Bununla birlikte UV-C ışınlama, ozon, metil jasmonite ve diğer kimyasallar gibi abiyotik stres faktörleri de resveratrolün meyvedeki miktarının artmasına neden olmaktadır. *Vitis vinifera*, stres metabolitleri bakımından *Vitis rupestris*, *Vitis riparia*, *Vitis rotundifolia* ve *Vitis labrusca* gibi alt türlerle kıyaslandığında resveratrol ve viniferin gibi stres metabolitlerini düşük değerlerde içermektedir (Guerrero ve ark. 2010). UV-C ışınlamanın meyvede resveratrol ve piktanol içeriğine etkisi üzerine yapılan söz konusu çalışmada, 2007 bağ bozumundan elde edilen üzümlerde 12 çeşitten yalnızca yarısında resveratrol saptanmış 6 çeşitte ise yaş meyvede resveratrol tespit edilememiştir.

Bununla birlikte aynı bölgede aynı çeşit üzüm hasat yıllarına göre dahi büyük farklılık göstermektedir. Yapılan bir çalışmada Tekirdağ bölge kökenli üzüm çeşidinde bir önceki yıl resveratrol miktarı 0.960 mg L⁻¹ iken bir sonraki yıl büyük bir artış görülmüş ve 2.5 mg L⁻¹ olarak saptanmıştır (Adıgüzel-Çaylak ve ark. 2008).

Gübreleme, resveratrol miktarı üzerine etkili bir faktör olup bitki, gübreleme ile ihtiyaç duyduğu tüm besin bileşenlerini sağladığında besin maddesi gereksinimden kaynaklanan bir strese girmeyecek ve resveratrol sentezi azalacaktır.

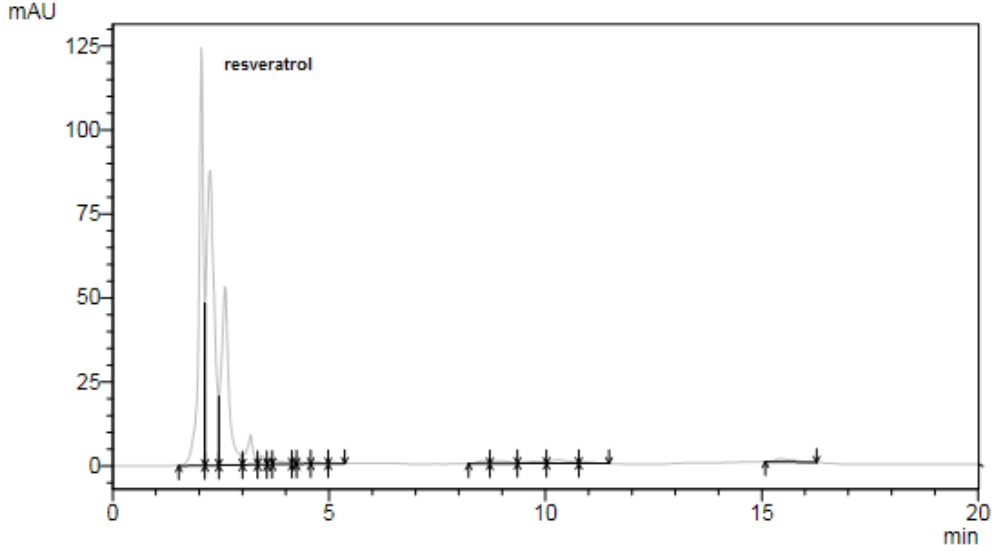
0.5, 1, 2.5, 5 ve 10 ppm konsantrasyonda *trans*-resveratrol standart çözeltileri kullanılarak çizilen kalibrasyon eğrisi ve 10 ppm standart çözelti kromatogramı sırasıyla Çizelge.4.10 ve Şekil.4.7’de verilmiştir. Araştırmada kullanılan üzüm suları elde edildikten hemen sonra resveratrol içeriklerinin belirlenmesi amacıyla analize alınmış ancak üzüm suyunun içerdiği miktarlar cihazın saptama limitinin altında kalmıştır.

Kontrol örneğinde saptanmamasına karşın tüm örneklerde belirtilen kromatografik şartlarda analizler gerçekleştirilmiş ve resveratrol pikine rastlanmamıştır. Örnek olması açısından kontrol örneğinin kromatogramı Şekil.4.8’de verilmiştir.

Beyaz üzüm sularındaki resveratrol miktarının saptanma limitinin altında kalmasının literatürde de belirtildiği gibi birçok sebepten kaynaklanabileceği düşünülmektedir. En önemli sebep kuşkusuz çeşit faktörü olarak karşımıza çıkmaktadır. Türkiye’de farklı bölgelerden elde edilen farklı üzüm çeşitlerinin resveratrol içeriğinin araştırıldığı çalışmalar, en düşük resveratrol içeriğine sahip çeşitlerin, Tekirdağ bölgesinden elde edilenler olduğunu ortaya koymuştur. Çeşit faktörüyle birlikte edafoklimatik koşullar denilen toprak tipi, sulama ve sıcaklık değerleri gibi faktörlerde resveratrol miktarına etki etmektedir. Fungusid, herbisid gibi bitkinin maruz kaldığı kimyasal uygulamalar ve UV ışınlama gibi işlemlerde abiyotik stres faktörü olarak çeşitten bağımsız şekilde üzümdeki resveratrol miktarını etkilemektedir. Literatürde belirtildiği gibi kırmızı üzüme göre beyaz üzümün resveratrol içeriğinin çok daha düşük olması gibi etmenler ile birlikte, meyve suyu prosesindeki şartlar ve uygulanan dayandırma yöntemlerinden bağımsız koşulların, resveratrol miktarının, saptanma limitinin altında kalmasına etki ettiği düşünülmektedir.

Bunun yanı sıra, fenolik bileşenlerin suda çözünürlüklerinin az olması nedeniyle, üzümden şıra eldesi sırasında, resveratrol ve daha birçok fenolik bileşiğin ortamdan uzaklaştığı ve üzümün biyoaktif bileşenler açısından çok zengin olmasına rağmen meyve suyuna işleme sırasında, söz konusu bileşenlerin birçoğunun yan üründe kalarak çok küçük bir kısmının meyve suyuna geçtiği (Gonzalez-Barrio ve ark. 2009), sonuçta posaya kıyasla meyve suyunda az miktarlarda kaldığı belirtilmiştir. Üzüm suyu eldesi sırasında uygulanan durultma ajanı ilavesi ve filtrasyon işlemlerinin de, resveratrol içeriğini olumsuz etkilediğinde literatürde vurgulanan diğer bir faktördür. Yukarıda sözü edilen sebeplerden ötürü, üzüm çeşitlerinin resveratrol içeriğinin geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir. Bunlardan elde edilen şıra ve maserasyonu sonrasında üretilen şaraplarda da bu nedenle farklı resveratrol

değerleri rapor edilmiştir. Literatürde resveratrol içerikleri değerlendirilen kırmızı şaraplar için söz konusu değişken miktarlar, saptanamayan değerlerden 1.7 mg L⁻¹ 'ye kadar değişkenlik göstermektedir (Stervbo ve ark. 2007, Gonzalez-Barrio ve ark. 2009). Meyve sularında saptanan miktarın ise 0.05-0.5 mg L⁻¹ aralığında değiştiği rapor edilmiştir.



PDA

ID#	Name	Ret. Time	Area	Minimum Peak Purity Index	Conc.	Units
1	resveratrol	0.000	0	0	0.000	ppm

Şekil 4.8. Kontrol örneğinde belirtilen kromatografik şartlarda resveratrol analiz kromatogramı

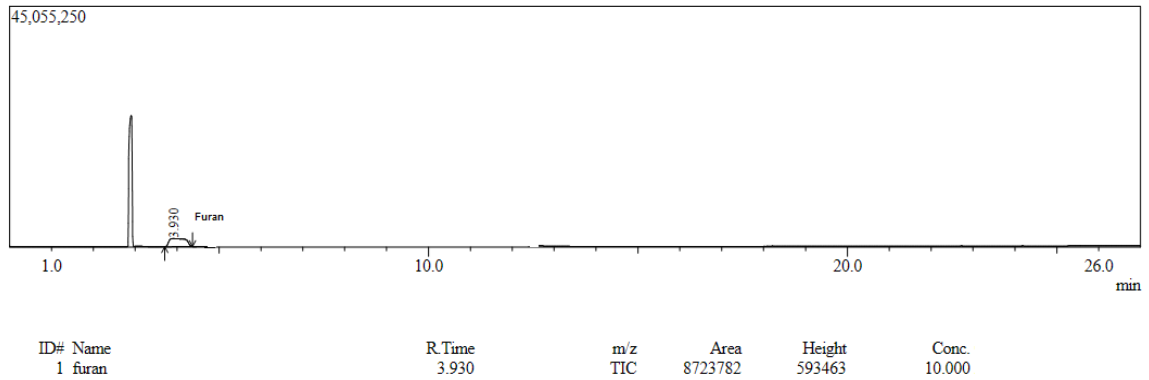
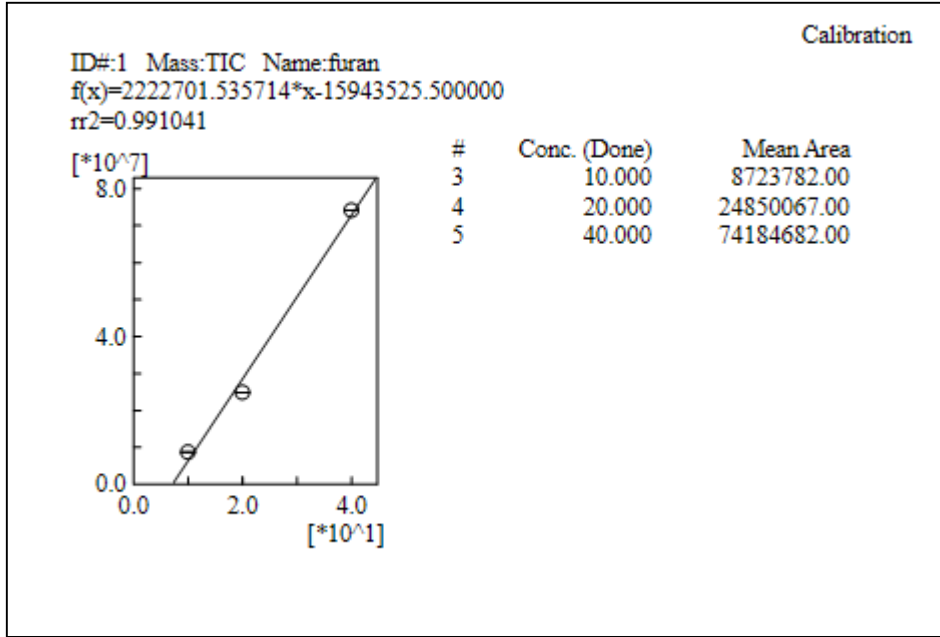
Geri kazanım (recovery), belirli miktarda üzüm suyu içerisine 0.5- 6 mg/ l aralığında değişen *trans*-resveratrol standardı ilave edilerek saptanmıştır. Cihazın saptama limiti de belirlenmiştir.

4.5.6. Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Furan Oluşumuna Etkisi

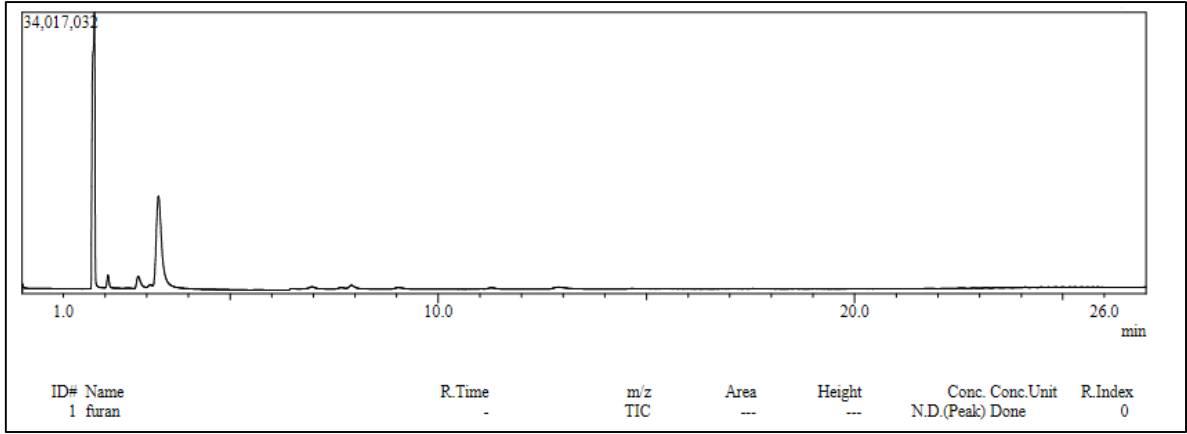
10, 20 ve 40 ppm konsantrasyonda furan standart çözeltileri kullanılarak çizilen kalibrasyon eğrisi ve 10 ppm standart çözelti kromatogramı sırasıyla Çizelge 4.11 ve Şekil.4.9'da verilmiştir. Araştırmada kullanılan üzüm suları elde edildikten hemen sonra furan içeriklerinin belirlenmesi amacıyla analize alınmış ve örneklerde furana rastlanmamıştır.

Kontrol örneğinde saptanmamasına karşın işlemler sonrasında oluşması muhtemel furan bileşiği için, tüm örneklerde belirtilen kromatografik şartlarda analizler gerçekleştirilmiş ve işlemler sonrasında da üzüm sularında furan bileşiğine rastlanmamıştır. Örnek teşkil etmesi açısından kontrol örneğinin GC-MS’te elde edilen kromatogramı ise Şekil.4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.11. Furan Standardı Kalibrasyon Grafiği



Şekil 4.9. 10 ppm konsantrasyondaki furan standart çözelti kromatogramı



Şekil 4.10. Kontrol örneğinde belirtilen kromatografik şartlarda furan analiz kromatogramı

Heterosiklik, aromatik ve uçucu bir bileşen olan ve bir oksijen atomu içeren (C_4H_4O), kanser sınıflandırmasında potansiyel insan karsinojeni olarak sınıflandırılan (Grup 2B, IARC sınıflandırması) (Kim ve ark. 2016) ve özellikle ısı işlem gören ürünlerde oluşması muhtemel bir bileşik olan furanın, beyaz üzüm suyundaki miktarının tespiti amacıyla, araştırma kapsamında beyaz üzüm sularında analizi yapılmış, furan standardı cihaz tarafından saptanmış ancak analizler sonrasında taze sıkılmış üzüm sularında furan bileşiğine rastlanmamıştır.

Elma, portakal ve mango suları ile elma cidri gibi şeker içeren ürünlerle, fruktoz ve yüksek fruktozlu mısır şurubu gibi ürünlerde, asitli ortamlar (düşük pH içeriği), ısı uygulamalar ve UV ışınlama işlemleri ile uzun süreli depolamanın furan oluşumuna neden olabileceği rapor edilmiştir (Ros-Polski ve ark. 2016). Meyve sularının yanı sıra şeker çözeltileri ve bunu içeren birçok üründe yine, ısı uygulamalar ve UV-C ışınlama ile gıdalarda furan oluştuğu bildirilmektedir (Bule ve ark. 2010). Bebek mamaları, sebze, meyve, et ve balık konserveleri, makarna sosları, beslenme takviye içecekleri, meyve koruyucular ve kahve gibi, prosesinde ısı işlem içeren geniş bir gıda yelpazesinde yaklaşık 100 ppb oranında furan olduğu saptanmıştır (FDA 2004). Gıdadaki furan oluşum mekanizması ısı işlemin çeşidine ya da UV gibi ısı olmayan işlemin parametrelerine göre farklı yol izleri üzerinden oluşmaktadır (Bule ve ark. 2010). Çalışmamızda ise pastörizasyon, gamma radyasyon ve UV ışınlama uygulamaları sonucunda ürünlerde furan bileşiği tespit edilmemiştir. Furan gibi karsinojenik bir bileşiğin beyaz üzüm sularında pastörizasyon gibi bir ısı işlemin yanı sıra, gamma radyasyon ve UV gibi ısı olmayan işlemler sonucunda oluşmaması ya da oluşacak şartların sağlanmamış olması, araştırmamızın olumlu bir sonuç olarak değerlendirilmiştir.

Literatürde özellikle ısıtma işlemi gören ürünler başta olmak üzere farklı grupları içeren birçok çalışma, gıdalardaki furan oluşum mekanizması üzerine yoğunlaşmıştır. Söz konusu çalışmalar, mekanizma üzerine aminoasitler, karbonhidratlar, çoklu doymamış yağ asitleri, askorbik asit ve karotenoidler gibi birçok faktörün varlığının furan oluşumunda öncül olarak rol oynadığını göstermektedir (Kim ve ark. 2016). Isıtma işlemi boyunca karbonhidratların bozunması (degradasyonu), şekerlerin pirolizi, askorbik asidin ayrışması ve çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu gibi mekanizmalar sonucu furan oluşumu tetiklenmektedir (Juaniz ve ark. 2016). Isıtma işlemi sırasında, glikolaldehit ve asetaldehitinde furan oluşumunda etkili olduğu belirtilmiştir (Yaylayan 2006, Kim ve ark. 2016). Aldotetroz ve 2-deoksi-aldotetroz gibi dört karbonlu öncülleri içeren karbonhidratların varlığında gerçekleşen furan oluşum mekanizmasında, bu öncüllerin furana dönüşümü söz konusuysen, askorbik asit varlığında furan oluşumunda da benzer bir mekanizmanın işlediği belirlenmiştir. Mekanizmanın, askorbik asitin hızlıca okside olması ve hidroliziyle, 2,3-diketogulonik aside (DKG) dönüşmesi ve sonrasında aldotetroza ve son olarakta furana dönüşümü şeklinde geliştiği bildirilmektedir (Yaylayan 2006). Bazı araştırmacılara göre, karbonhidrat içeren gıdalar, yatkın oldukları Maillard reaksiyonundan ötürü furan oluşum reaksiyonlarını daha kolay verebilecekleri düşünülmektedir (Juaniz ve ark. 2016).

Farklı gıdaların derin yağda kızartılması sırasında furan oluşumunun incelendiği bir çalışmada soğan halkası, balık fileto gibi özellikle dışında karbonhidrat içeriği yüksek kaplama bulunan ürünlerde, yüksek miktarda furan oluşumu rapor edilmesine karşın düşük karbonhidrat içeriğine sahip soğan, yeşil biber, kenger, lahana ve hindibadan oluşan beş farklı örneğin kızartılması sonrasında furan bileşimine rastlanmadığı bildirilmiştir. Bununla birlikte sıklıkla tüketilen ürünlerde ısıtma işleminin furan oluşumuna neden olan en önemli işlem basamağı olduğu, özellikle konserve gıdalar ve reçel-marmelat gibi ürünler, soya sosu, bebek mamaları ve en yoğun olarakta kahvede olduğu saptanmıştır (Kim ve ark. 2016).

Farklı gıda gruplarından seçilen örneklerde furan miktarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, havuç sularında furan miktarı saptanmış, pH ve ısıtma uygulaması ile furan değerleri arasında bir ilişki bulunmuştur (Wegener ve Lopez-Sanchez 2010). Havuç suları gibi yüksek pH lı ürünlerde, sterilize edilen örneklerin, pastörizasyon uygulananlara kıyasla daha yüksek furan içerdikleri saptanmıştır. Havuçlarda potansiyel furan kaynağı olarak karoten gösterilmiş furan seviyeleri ısıtma işlemi ve pH değerleriyle ilişkili bulunmuştur. Çalışmada erik kurusundan elde edilen meyve suyunda furan miktarı araştırılmış ve özellikle

eriklerin kurutma prosesi sırasında furanın oluştuğu vurgulanmıştır. Bununla birlikte meyve ve sebze sularında furanın aromayla ilişkili olduğu ve aromayı etkilediği de rapor edilmiştir (Wegener ve Lopez-Sanchez 2010).

Meyve sularında pastörizasyon ve sonrasındaki depolama periyodunda furan oluşum kinetiğinin incelendiği bir çalışmada, portakal ve mango sularında, 92 °C'de 30 saniye boyunca yapılan flaş pastörizasyon işleminin furan oluşumu üzerindeki etkisinin işlem sonrası ve depolama boyunca değişimi incelenmiş pastörizasyon sonrasında furan miktarının cihazın saptanma limitinin altında kaldığı ($< 1.15 \text{ ng g}^{-1}$ meyve suyu) rapor edilmiştir. Başka bir deyişle, pastörizasyon boyunca portakal ve mango sularında oluşan furan miktarı göz ardı edilebilir değerlerde olduğu vurgulanmıştır (Palmer ve ark. 2015). Depolama aşamasında ise, belirli bir süre sonrasında, depolama sıcaklığı ve süresinin bir fonksiyonu olarak furan miktarı yükselmeye başlamıştır. Depolama süresince, gözlemlenen başka bir durum ise, furan oluşumunun gıda ortamına bağlı olarak değişmesidir. Sabit bir depolama sıcaklığında, furan oluşum oranının, mango suyundakine kıyasla portakal suyunda iki kat hızlı olduğu saptanmıştır.

Isıl işlem ve iyonize radyasyonun meyve sularındaki furan miktarına etkisinin incelendiği bir çalışmada, iyonize radyasyon dozunun 0'dan 5 kGy'e çıktığı durumda furan miktarında doğrusal olarak artmıştır. Radyasyonun elma suyundaki furan miktarını, portakal suyuna kıyasla daha fazla uyardığı ve elma suyunda daha fazla artışa sebep olduğu saptanmıştır. Çalışma kapsamında, sıcak suya daldırma ve otoklavlama sonucunda oluşan furan değişimleri de incelenmiş ve 5 dakika boyunca kaynamakta olan suya daldırılan meyve suyu örneklerinden, portakal suyunda furan oluşumunun elma suyundan fazla olduğu saptanmış, 121 °C'de 25 dakika boyunca otoklavlanmış örneklerde ise elma suyunda, portakal suyundan fazla furan oluştuğu rapor edilmiştir. Çalışmada hem ısıl işlem hem de iyonize radyasyonun furan oluşumunu uyardığı ve tetiklediği belirtilmiştir (Fan 2005).

UV-C ışınlama uygulamasının, yüksek fruktozlu mısır şurubu, içerisinde yüksek fruktozlu mısır şurubu içeren laboratuvar ortamında hazırlanan meyve suyu örneği ile elma suyu ve elma cideri olmak üzere iki gerçek meyve suyunda furan oluşumu ve miktarına etkisi ile ilgili yapılan çalışmada, fruktoz varlığının furan oluşumunu uyardığı buna karşın söz konusu uyarımın, glikoz ve sukroz varlığında gerçekleşmediği rapor edilmiştir. UV ışınlama işlemi sonrasında, en yüksek furan oluşumunun ise hidroklorik asit varlığında elde edildiği

ortama malik asit ilave edilmesinin furan oluşumu üzerine sinerjistik etki yarattığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada, yapay ortam dışında gerçek meyve suları ile de yapılan analizlerde elma ciderinde furan oluşumu üzerine yaklaşık $3 * 10^{-3}$ mW cm⁻² UV ışın dozunun önemli bir etkisi bulunmamıştır (Bule ve ark. 2010). pH ve askorbik asit varlığının yanı sıra UV ışınlama yapılan zzeltinin absorbansında, ortamdaki furan oluşumunu fazlasıyla etkilediğı, artan absorbsiyon katsayısının furan oluşumunu azalttığı rapor edilmiştir. Yaklaşık 6.3 J cm⁻² dozdaki uygulama sonrasında, araştırma kapsamında çalışılan şekerler arasında en fazla furan birikimin fruktoz varlığında meydana geldiğı, sitrik, malik ve askorbik asit varlığında ise en az furan oluşumunun malik asitin olduğı ortamda meydana geldiğı belirlenmiştir (Bule ve ark. 2010). Elma ciderinde yapılan benzer bir çalışmada da 1.8 J cm⁻² dozdaki UV uygulamasının furan oluşumu üzerine önemli bir etkisi bulunmadığı belirlenmiştir.

Literatür sonuçları çalışmamızı destekler nitelikte olup alışmamada kullanılan en yüksek dozda (2.7 J cm⁻²) dahi UV ışınlama işleminin üzüm suyunda saptanabilir furan bileşiğı oluşturmadığı belirlenmiştir.

UV ışınlama yapılan ortam ya da meyve suyunun absorbsiyon katsayısında furan oluşumuna etki ettiğı ve absorbsiyon katsayısının artışı ile ışının furan oluşumu üzerine etkisinin azaldığı rapor edilmiştir. Bununla birlikte askorbik asit ilave edilen ortamda elma suyunda furan oluşumu baskılanırken askorbik asit ilave edilmeyen ortamda furan oluşumunun arttığı rapor edilmiştir. Meyve suyu ve içeceklerde furan üretiminin karmaşık ve kompleks bir proses olduğı ve daha detaylı çalışmalar ile meyve suyu matrisi ve kompozisyonunun furan oluşumuna ne yönde etki ettiğinin anlaşılması gerektiğı vurgulanmıştır.

Fan ve Geveke (2007), elma cidere ve şeker zzeltisinde UV ışınlamanın furan oluşumu üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, UV-C işleminin furan oluşumunu uyardığı ve furan oluşum mekanizmasındaki ana kaynağın fruktoz olduğunu belirtmişlerdir. 9 J cm⁻² ışınlamanın, fruktoz zzeltisinde yüksek miktarda furan oluşumuna neden olduğı, glikoz ve sukroz varlığında ise çok daha düşük konsantrasyonlarda furan oluştuğunu rapor etmişlerdir. UV-C ışınlama işleminin askorbik asit ve malik asit varlığında ise furan oluşumu üzerinde arttırıcı etkide bulunmadığı rapor edilmiştir. Meyve sularında ise, UV-C ışınlamanın furan

oluşumunu uyardığı ancak pastörizasyon amacıyla kullanılan dozlarda, furan oluşumu üzerinde uyarıcı etkisinin daha düşük olduğu saptanmıştır.

Kore piyasasından toplanan 18 portakal suyu örneğinde, şeker, pH, C vitamini ve furan içerikleri üzerine yapılan bir çalışmada, furan değerlerinin 0.59-27.39 ng ml⁻¹ aralığında değiştiği saptanmıştır (Kim ve ark. 2016). Benzer çalışmalarda ise söz konusu çalışmada elde edilen değerlerden daha düşük değerler rapor edilmiş, söz konusu çalışmalarda portakal sularının furan içeriği, 3.33- 7.59 ng ml⁻¹ ve 3.24-3.60 ng ml⁻¹ aralığında saptanmıştır. Çalışmada, taze sıkılmış meyve sularının, ısıtılma işlemi gören diğer meyve sularına kıyasla daha az furan içerdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte diğerlerine kıyasla yüksek furan içeriğinin saptandığı iki örneğin aynı zamanda yüksek dehidroaskorbik asit içeriğine sahip örnekler olduğu da vurgulanmıştır.

Sirke, soya sosu, meyve suları, bira ve alkollü içkiler, ketçap, bebek mamaları, süt ve süt içeren içecekler, kahve, çikolata, salata sosu ve et ürünleri gibi ısıtılma işlemi görmüş birçok ürün grubunu içeren gıda örneklerinde, furan ve 2-alkilfuranların varlığının GC-MS headspace ile saptanmasının amaçlandığı çalışmada, araştırılan 126 örnekten % 70'inde 0.5 - 789.4 ng g⁻¹ aralığında furan ve 2-alkilfuranlar tespit edilmiştir. Çalışmada en yüksek furan içeriği, % 100 kahvede saptanırken, portakal, hindistan cevizi, greyfurt ve mango sularında furan tespit edilememiş kivi ve şeftali sularında ise furan oluştuğu saptanmıştır (Shen ve ark. 2016). Çalışmamıza benzer şekilde üzüm sularında da furan ve 2-alkilfuranlara rastlanmamıştır.

Sonuç olarak, yukarıda literatürde de belirtildiği şekilde, başta pastörizasyon gibi ısıtılma işlemleri olmak üzere, farklı dozlarda uygulanan UV ve gamma radyasyon işlemlerinin çeşitli gıdalarda, başta gıdanın karbonhidrat içeriği olmak üzere, aminoasit varlığı, doymamış yağ asidi oranı, askorbik asit ve diğer organik asitleri ne ölçüde içerdiği ve karotenoid gibi maddelerin varlığı, bununla birlikte, absorpsiyon katsayısına bağlı olarak furan oluşumunu uyarabileceği ancak bu uyarım sonucunda ortaya çıkan furan miktarının, göz ardı edilebilir değerlerde kalıp kalmamasının yoğunlukla gıdanın içeriğine bağlı olduğu belirtilmiştir. Furan gibi hem potansiyel karsinojenik hem de gıdanın aromasını istenmeyen şekilde değiştiren bir heterosiklik bileşenin, uyguladığımız pastörizasyon normları ve farklı dozlarda uyguladığımız ısıtılma olmayan işlemlerde oluşmaması, beyaz üzüm sularında bu işlemlerin kullanılabilirliği ve dolayısıyla çalışmamız açısından olumlu bir sonuç olarak değerlendirilmiştir.

4.5.7. Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Kül İçeriğine (%) Etkisi

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışınlama uygulamalarının üzüm sularının kül içerikleri (%) üzerine etkileri Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. İşlemlerin Üzüm Suyu Örneklerinin Kül İçeriğine (%)Etkisi

İşlem*	Uygulama öncesi Kül İçeriği (%)	Uygulama sonrası Kül İçeriği (%)
Pastörizasyon	1.18±0.03 ^{ab}	1.17±0.03 ^a
UV doz-1598 mJ cm ⁻²	1.12±0.02 ^b	1.13±0.03 ^b
UV doz-441 mJ cm ⁻²	1.12±0.02 ^b	1.12±0.02 ^b
UV doz-239 mJ cm ⁻²	1.12±0.02 ^b	1.12±0.04 ^b
γ-3kGy	1.20±0.02 ^a	1.19±0.02 ^a
γ-5kGy	1.20±0.02 ^a	1.20±0.04 ^a

* Aynı satırda bulunan harfler, her işlemin kontrol örneğine göre istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi kontrol örneği ile kıyaslanmaktadır. Pastörizasyon işlemi için tek satır, UV işlemi için üç satır ve gamma radyasyon için iki satır, kendi aralarında değerlendirilmektedir (p<0.05).

Çizelge.4.12 incelendiğinde, üzüm sularının kül miktarlarının % 1.12 – 1.20 arasında değiştiği görülmektedir. Kontrol grubuna kıyasla işlemlerin kül miktarları üzerine etkileri istatistiksel açıdan önemsiz (p≥0.05) bulunmuştur. Farklı dozlardaki UV ve gamma ışınlamada kullanılan farklı dozların kül miktarı üzerine etkisi incelendiğinde, farklı debi ve doz uygulamalarının üzüm sularının kül miktarı üzerine etkilerinin de istatistiksel açıdan önemli olmadığı saptanmıştır (p≥0.05). Çalışmamızda uygulanan işlemlerin kül miktarı üzerine etkisi ile ilgili literatürde bir veriye rastlanmamıştır.

4.5.8. Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Suda Çözünebilir Toplam Kuru Madde (SÇTKM) Miktarına Etkisi

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışınlama uygulamalarının üzüm sularının suda çözünebilir toplam kuru madde (SÇTKM) değerleri üzerine etkileri Çizelge 4.13’te verilmiştir.

Çizelge 4.13. İşlemlerin Üzüm Suyu Örneklerinin Suda Çözünebilir Toplam Kuru Madde Değerleri Üzerine Etkisi

İşlem*	Uygulama öncesi Bx°	Uygulama sonrası Bx°
Pastörizasyon	16±0.06 ^a	16.05±0.05 ^a
UV doz-1598 mJ cm ⁻²	17.4±0.2 ^d	17.4±0.4 ^d
UV doz-441 mJ cm ⁻²	17.4±0.2 ^d	17.5±0.06 ^d
UV doz-239 mJ cm ⁻²	17.4±0.2 ^d	17.4±0.05 ^d
γ-3kGy	16.2±0.1 ^{ab}	16.4±0.03 ^b
γ-5kGy	16.2±0.1 ^{ab}	16±0.02 ^b

* Aynı satırda bulunan harfler, her işlemin kontrol örneğine göre istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi kontrol örneği ile kıyaslanmaktadır. Pastörizasyon işlemi için tek satır, UV işlemi için üç satır ve gamma radyasyon için iki satır, kendi aralarında değerlendirilmektedir (p<0.05).

Çizelge 4.13 incelendiğinde, üzüm sularının suda çözünebilir toplam kuru madde değerlerinin 16 – 17.4 Bx° aralığında değiştiği görülmektedir. Kontrol örneklerine kıyasla, pastörizasyon, UV ışınlama ve gamma radyasyon uygulamalarının, üzüm sularının suda çözünebilir toplam kuru madde değeri üzerine etkisinin önemsiz olduğu (p≥0.05) belirlenmiştir. UV ışınlamada kullanılan debiler ve gamma radyasyonda uygulanan farklı dozlarında, suda çözünebilir toplam kuru madde değeri üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (p≥0.05).

Çalışmada elde edilen sonuçlar, ısı işlemler ve ısı olmayan uygulamaların, gıdaların fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmalarda verilerle benzerlik göstermiştir.

Aguilar ve ark. (2016), UV-görünür bölge (UV-Vis) radyasyonun, nektarin sularının enzim aktivitesi ve fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, iki farklı sıcaklık değerinde yapılan ışınlama sonrasında, UV ışığın örneklerin suda çözünür katı madde içeriğine etkisini önemsiz (p≥0.05) bulmuşlardır. Portakal ve havuç suyu karışımının fizikokimyasal ve duyu özellikleri üzerine, ısı olmayan işlemlerin etkisinin incelendiği bir başka çalışmada, diğer ısı olmayan işlemlerle birlikte 10.6 J cm⁻² lik dozda uygulanan UV işleminin, meyve sularının suda çözünebilir toplam kuru madde değerlerinde bir miktar

azalmaya neden olduğu saptanmıştır (Caminiti ve ark. 2012). UV-C ışının karpuz suyunun fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, 2.7-37.5 J ml⁻¹ aralığındaki dozlarda uygulanan işlemlerin, karpuz suyunun, suda çözünebilir toplam kuru madde değerine etkisinin önemsiz olduğu saptanmıştır (Feng ve ark. 2013). Elma suyunda yapılan çalışmalarda, UV-C ışınlanmanın suda çözünür kuru madde miktarı üzerine etkisinin önemsiz olduğu rapor edilmiştir (Falguera ve ark. 2011). Elma sularında ısı olmayan işlemlerin kendi aralarında ve ısı ile işleme kıyaslandığı başka bir çalışmada, UV ışınlama işlemi ve farklı sıcaklıklarda (72 °C ve 94 °C, 26 s) uygulanan ısı ile işlemlerin suda çözünür kuru madde miktarı üzerine etkisinin önemsiz olduğu ($p \geq 0.05$) bildirilmiştir (Noci ve ark. 2008). Pitaya meyvesinden elde edilen meyve sularına farklı dozlarda uygulanan UV radyasyonunun, ürünün toplam suda çözünür kuru madde miktarına etki etmediği saptanmıştır (Ochoa-Velasco 2012).

Gamma radyasyon ile muamele edilen örneklerin fizikokimyasal özelliklerinin değişiminin incelendiği çalışmalarda, ışınlanmanın söz konusu örneklerin suda çözünür kuru madde miktarına etkileri, UV ışınlama ve ısı uygulamalara benzer şekilde rapor edilmiştir.

Farklı dozlarda gamma radyasyon uygulanan kivi nektarlarında kontrole kıyasla yapılan ölçümlerde, 1 kGy lik dozun suda çözünür kuru madde miktarı üzerine etki etmediği buna karşın 0.5 ve 2 kGy dozların sırasıyla değerlerde önemli bir azalma ve artışa yol açtığı saptanmıştır (Harder ve ark. 2009). Beş farklı gamma radyasyon dozunda (0.5-6 kGy) ışınlanan vişne sularında, ışınlanmanın farklı özellikler üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, gamma ışınlanmanın vişne suyu örneklerinin suda çözünebilir kuru madde miktarı üzerine kontrole kıyasla etki etmediği ($p \geq 0.05$) saptanmıştır (Arjeh ve ark. 2015). Gamma radyasyonun kiraz domateslerinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir diğer çalışmada, 0.8-5.7 kGy dozlarında uygulanan gamma radyasyonun, domateslerin toplam çözünebilir katı içeriğine etkisi önemsiz bulunmuş ($p \geq 0.05$) yalnızca en yüksek dozda görülen artışın önemli olduğu saptanmıştır. Artışın sebebi olarak, gamma radyasyonun domateste özellikle çözünebilir katı madde içeriği üzerine etkili bir bileşen olan şeker üzerindeki radyoliz etkisi olabileceği belirtilmiştir (Guerreiro ve ark. 2016). Jujube meyvesinde yapılan ışınlama işlemi sonrasında gamma radyasyonun toplam suda çözünür kuru madde miktarını etkilemediği rapor edilmiştir (Najafabadi ve ark. 2017). Mango sularında 3 kGy'e kadar olan dozlarda ışınlanmanın toplam suda çözünür kuru madde miktarını etkilemediği bildirilmiştir (Naresh ve ark. 2015).

Çalışma sonuçlarımız, literatürde rapor edilen sonuçlara benzerlik göstermiş, literatürde bazı istisnai sonuçlar haricinde, ısı uygulaması ve ısı olmayan işlemlerin suda çözünür katı madde miktarı üzerine etkisinin önemsiz olduğu rapor edilmiştir.

4.5.9. Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin pH Değeri ve Titrasyon Asitliği (%) Miktarına Etkisi

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma ışınlatma ve UV radyasyon uygulamalarının üzüm sularının pH değeri ve titrasyon asitliği üzerine etkileri sırasıyla Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.14. İşlemlerin Üzüm Suyu Örneklerinin pH Değerleri Üzerine Etkisi

İşlem*	Uygulama öncesi pH değeri	Uygulama sonrası pH değeri
Pastörizasyon	3.35±0.01 ^{ab}	3.26±0.08 ^a
UV doz-1598 mJ cm ⁻²	3.36±0.04 ^b	3.40±0.05 ^b
UV doz-441 mJ cm ⁻²	3.36±0.04 ^b	3.41±0.08 ^b
UV doz-239 mJ cm ⁻²	3.36±0.04 ^b	3.42±0.03 ^b
γ-3kGy	3.35±0.06 ^{ab}	3.34±0.06 ^{ab}
γ-5kGy	3.35±0.06 ^{ab}	3.36±0.07 ^{ab}

* Aynı satırda bulunan harfler, her işlemin kontrol örneğine göre istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi kontrol örneği ile kıyaslanmaktadır. Pastörizasyon işlemi için tek satır, UV işlemi için üç satır ve gamma radyasyon için iki satır, kendi aralarında değerlendirilmektedir (p<0.05).

Çizelge 4.14 incelendiğinde üzüm sularının pH değerleri başlangıçta 3.35 – 3.36 olarak belirlenmiştir. Belirlenen pH değerleri, literatürle paralellik göstermiş beyaz üzüm çeşidinden elde edilen meyve sularında hidrostatik basıncın üzüm suyunun bazı özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, üzüm suyu pH'sı 3.35 olarak rapor edilmiştir (Mert ve Alpas 2010). Soyer ve ark. (2003), Türkiye'de yetişen beyaz üzümler ve üzüm sularının organik asit profiliyle ilgili yaptıkları çalışmada, 11 farklı üzüm çeşidinde yaptıkları değerlendirmede üzümlerin pH değerlerini çalışmamızdaki verilere benzer şekilde, 3.5-3.9 aralığında bulmuşlardır.

Beyaz üzüm sularının başlangıç pH değerleri 3.35 – 3.36 aralığında değişirken örneklere uygulanan pastörizasyon, UV radyasyon ve gamma ışınlama işlemleri sonrasında örneklerin pH değerleri 3.26 – 3.40 aralığında saptanmıştır. Kontrol örneklerine kıyasla örneklerin pH değerlerindeki değişim istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$). UV uygulamasında debiler arasındaki fark ve gamma radyasyon uygulamasında dozlar arasındaki farkta istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$).

Elma suyunda ısıtma işlemi, UV ışınlama ve farklı ısıtılmayan teknolojilerin etkisinin incelendiği araştırmada, ısıtma işlemi ve UV ışınlama dahil uygulanan hiçbir işlemin pH değeri üzerine önemli bir etkisi bulunmamıştır (Noci ve ark. 2008). Karpuz suyu (Feng ve ark. 2013), portakal ve havuç sularından elde edilen karışık meyve suyu (Caminiti ve ark. 2012), farklı elma çeşitlerinden elde edilen elma suları (Falguera ve ark., 2011), elma suları ve üzüm suları (Müller ve ark. 2014), pitaya suyu (Ochoa-Velasco 2012) ve daha birçok farklı ürüne uygulanan UV ışınlama işlemi sonucu, meyve sularının pH değerlerinin UV ışınlamadan etkilenmediği rapor edilmiştir. Bununla birlikte Falguera ve ark. (2011) kontrol değerinden sapmaların analiz hatalarından kaynaklandığını rapor etmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen veriler literatür verileriyle benzerlik göstermiş ve UV ışınlama işleminin pH üzerine etkisinin önemsiz olduğu saptanmıştır.

Gamma radyasyon uygulanmış ananas meyvesinde yapılan çalışmada, farklı dozların pH üzerine farklı etkileri olduğu belirlenmiş, 1 kGy lik doz, kontrol örneğine kıyasla ananas meyvesinin pH değerinde artışa neden olurken 2 kGy dozda pH değerinin değişmediği saptanmıştır. Düşük dozda uygulanan gamma radyasyonun neden olduğu söz konusu değişim istatistik açıdan önemli bulunmuştur (Perecin ve ark. 2011). Gamma radyasyonun kivi meyvesinde pH üzerine etkisinde incelendiği bir çalışmada, düşük dozların pH değerlerine etkisi önemsiz bulunurken doz arttıkça meyve suyunun pH değerinde düşüş gözlenmiştir (Harder ve ark. 2009). Gamma radyasyon uygulanan mango sularında ise çalışmamıza ve kivilerde yapılan çalışmaya benzer şekilde 1 kGy doza kadar pH değeri değişmezken bu dozun üzerindeki dozlarda pH değerinde artış olduğu rapor edilmiştir (Naresh ve ark. 2015). Su teresine uygulanan gamma radyasyon işlemi sonrasında 7 gün depolanan örneklerdeki pH değişimi izlenmiş 1, 2 ve 5 kGy dozda uygulanan gamma radyasyon işlemi sonrası kontrole kıyasla yalnızca 5 kGy dozda değişim saptanmıştır (Pinela ve ark. 2016). Literatür verileri değerlendirildiğinde, gamma radyasyon işleminin pH değeri üzerine etkisi UV işlemine kıyasla, uygulandığı ürün bazında ve doz arttıkça pH üzerinde farklı etkilere neden

olabilmektedir. Bununla birlikte gamma radyasyonun çalışmamızda beyaz üzüm sularının pH değerlerine etkisi önemsiz bulunmuş literatürde de benzer verilere rastlanmıştır.

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışınlama uygulamalarının üzüm sularının titrasyon asitliği (%) değerleri üzerine etkileride incelenmiş ve elde edilen değerler Çizelge 4.15'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.15. İşlemlerin Üzüm Suyu Örneklerinin Titrasyon Asitliği (%) Değerleri Üzerine Etkisi

İşlem*	Uygulama öncesi Titrasyon Asitliği (%)	Uygulama sonrası Titrasyon Asitliği (%)
Pastörizasyon	0.20±0.06 ^a	0.18 ±0.01 ^a
UV doz-1598 mJ cm ⁻²	0.61±0.03 ^b	0.61 ±0.02 ^b
UV doz-441 mJ cm ⁻²	0.61±0.03 ^b	0.61±0.03 ^b
UV doz-239 mJ cm ⁻²	0.61 ±0.03 ^b	0.62±0.05 ^b
γ-3kGy	0.22 ±0.04 ^a	0.24±0.04 ^a
γ-5kGy	0.22±0.04 ^a	0.23±0.04 ^a

* Aynı satırda bulunan harfler, her işlemin kontrol örneğine göre istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi kontrol örneği ile kıyaslanmaktadır. Pastörizasyon işlemi için tek satır, UV işlemi için üç satır ve gamma radyasyon için iki satır, kendi aralarında değerlendirilmektedir (p<0.05).

Çizelge 4.15 incelendiğinde örneklerin % titrasyon asitliği değerlerinin başlangıçta % 0.20 – 0.61, uygulanan işlemler sonrasında ise % 0.18 – 0.61 değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. Kontrol örneğinin titrasyon asitliği değeri literatürle benzerlik göstermiştir. Üzüm sularının bazı fizikokimyasal özelliklerinin belirlendiği bir çalışmada titrasyon asitliği değeri tartarik asit cinsinden 0.227-0.235 aralığında saptanmıştır. Beyaz üzüm sularında yapılan başka bir çalışmada ise, taze sıkılmış üzüm sularının asitliği, tartarik asit cinsinden % 0.48 olarak (Hakgüder 2009), üzüm sularında yapılan bir diğer çalışmada ise çalışma kapsamında analizi yapılan farklı üzüm çeşitlerinden elde edilen meyve sularının titrasyon asitliği değerleri, % 0.41-0.49 olarak (Soyer ve ark. 2003) saptanmıştır.

Kontrol örneklerine kıyasla, ısı ve ısı olmayan işlemlerin, örneklerin titrasyon asitliği değerlerine etkisinin önemsiz olduğu (p≥0.05), titrasyon asitliği değerleri üzerine işlemlerin

etkilerine bakıldığında ise pastörizasyon ve gamma radyasyon uygulamaları arasında fark olmadığı ($p \geq 0.05$) buna karşın bu işlemlerin UV uygulamalarından farkının önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). UV radyasyon ve gamma radyasyon uygulamalarında, dozlar arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu belirlenmiştir ($p \geq 0.05$). İşlemlerin, titrasyon asitliği üzerinde bir etki yaratmaması, beyaz üzüm suları ve dolayısıyla çalışmamız açısından olumlu bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. Nitekim literatürde özellikle gamma radyasyon çalışmalarında, dozun artmasıyla titrasyon asitliği değerlerinin arttığı görülmüş bu durumun yalnızca besinsel kaliteyi değil aynı zamanda duyusal kaliteyi de etkilediği saptanmıştır. Gamma radyasyon ile ilgili literatür incelendiğinde, vişne sularına uygulanan farklı dozlardaki (0-6 kGy) gamma radyasyon işleminin, düşük dozlarda toplam asitliği değiştirmedeği bun karşın 6 kGy dozda toplam asitlikte artışa neden olduğu rapor edilmiştir (Arjeh ve ark. 2015). Kiraz domateslerde yapılan gamma ışınlama işleminde, uygulanan üç farklı dozdan 1.3 ve 3.2 kGy dozların asitliğe etkisi gözlenmezken 5.7 kGy dozun etkisi önemli bulunmuştur (Guerreiro ve ark. 2016). 0.5, 1 ve 2 kGy gamma radyasyon dozları uygulanan kivi meyvelerinde asitlik değişimi incelendiğinde, 0.5 ve 1 kGy dozlarda sırasıyla artış ve azalma gözlenmiş, 2 kGy dozda ise önceki çalışmadan farklı olarak artan dozun titrasyon asitliği değerine istatistik açıdan önemli bir etkisi olmamıştır (Harder ve ark. 2009). Farklı mango çeşitlerinden elde edilen mango sularının fizikokimyasal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, farklı dozlarda muamele edilen mango sularının titrasyon asitliği bir çeşit dışında sabit kalmış ve ışınlamanın asitliğe etkisi etkisi önemsiz bulunmuştur (Naresh ve ark. 2015).

UV ışınlama işlemi gamma radyasyon literatürüne kıyasla titrasyon asitliği değerleri açısından daha tek düze bir durum sergilemiştir. Portakal suyuna uygulanan UV ışınlama ve ısıtma işleminin titrasyon asitliği üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, hem ısıtma işlemi hem de UV ışınlamanın asitlik üzerine etkisinin bulunmadığı saptanmıştır (Uysal Pala ve Kırca Toklucu 2013). Benzer bir çalışmada beyaz ve kırmızı üzüm sularının UV ışınlama ve ısıtma işlem uygulamaları sonrasında tartarik asit cinsinden titrasyon asitliği değerine etkisi önemsiz ($p \geq 0.05$) bulunmuştur (Uysal Pala ve Kırca Toklucu 2013).

Literatürde görüldüğü gibi, birçok çalışmada UV ışınlama işleminin pH ve titrasyon asitliği değerlerine etki etmediği görülmektedir (Noci ve ark. 2008, Caminiti ve ark. 2011, Pala ve Toklucu 2011). UV ışınlamadan farklı olarak, gamma ışınlama işleminde pH ve titrasyon asitliği değerlerindeki farklılık, doza dayalı olarak değişmektedir. Genellikle düşük

dozlar bu değerlere etki etmezken doz yükseldikçe özellikle titrasyon asitliği değerinde kayda değer bir değişim bildirilmiştir. Bununla birlikte gamma radyasyon uygulamasının ürünün pH ve titrasyon asitliği değerlerine etki etmediği çalışmalarda mevcuttur. Sonuç olarak hem ısıtılmış işlem hem de ısıtılmayan uygulamaların, pH ve titrasyon asitliği değerlerine etkisi literatürle benzer şekilde bulunmuştur.

4.5.10. Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Renk Değerlerine Etkisi

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma ışınlama ve UV radyasyon uygulamalarının üzüm sularının renk değeri üzerine etkileri Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. İşlemlerin Üzüm Sularının Renk Değerleri Üzerine Etkisi

*	L^*		a^*		b^*		ΔE
	Öncesi	Sonrası	Öncesi	Sonrası	Öncesi	Sonrası	
Pastörizasyon	94.45±0.00 ^a	95.63±0.01 ^b	-0.07±0.01 ^a	-0.18±0.01 ^b	4.81±0.01 ^a	2.64±0.01 ^b	2,47±0,02 ^a
UV doz-1598 mJ cm ⁻²	87.4±0.01 ^a	88.0±0.02 ^b	0.54±0.01 ^a	-0.12±0.01 ^b	9.6±0.01 ^a	8.6±0.03 ^b	1,35±0,02 ^{bc}
UV doz-441 mJ cm ⁻²	87.4±0.01 ^a	87.0±0.03 ^b	0.54±0.01 ^a	0.53±0.01 ^b	9.6±0.01 ^a	10.1±0.02 ^b	0,58±0,02 ^d
UV doz-239 mJ cm ⁻²	87.4±0.01 ^a	87.5±0.01 ^b	0.54±0.01 ^a	0.47±0.01 ^b	9.62±0.01 ^a	10.44±0.02 ^b	0,83±0,03 ^{bd}
γ -3kGy	40.77±0.01 ^a	42.14±0.99 ^b	25.96±0.01 ^a	25.22±0.01 ^b	62.82±0.04 ^a	62,88±0,3 ^a	1,67±0,74 ^c
γ -5kGy	40.77±0,01 ^a	43.75±0,44 ^b	25.96±0,01 ^a	21.92±0,34 ^b	62.82±0,04 ^a	62.50±0,13 ^b	5,03±0,02 ^e

* Aynı satırda bulunan harfler, her işlemin kontrol örneğine göre istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi kontrol örneği ile kıyaslanmaktadır. Pastörizasyon işlemi için tek satır, UV işlemi için üç satır ve gamma radyasyon için iki satır, kendi aralarında değerlendirilmektedir (p<0.05).

Renk, meyve ve meyveden elde edilen ürünlerde tüketici algısını etkileyen en önemli özelliklerden biri olup özellikle meyve suyu gibi örneklerde kaliteyi tanımlayan bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Hunter-LAB ölçüm tekniğinde L^* , a^* ve b^* değerleri, ürün renginin tanımlanmasında kullanılan ve belirli değerler arasında değişen parametrelerdir. Bu sistemde; L^* aydınlık (parlaklık) değerini gösterir ve 100 tam beyaz ile 0 siyah arasında değişir. Renk koordinatlarını oluşturan a^* ve b^* değerlerinden, a^* ; (+) kırmızı (0-100 arasında), (-) ise yeşil (0-80 arasında), b^* ; (+) sarı (0-70 arasında), (-) ise mavi (0-80 arasında) rengi ifade etmektedir.

Çalışmada, üzüm sularının renk değerlerinin işlemlerden ne yönde etkilendiğinin belirlenmesi amacıyla işlem öncesi ve sonrasında üzüm sularının renk analizi yapılarak L^* , a^* ve b^* değerleri belirlenmiştir. Çizelge 4.16'da işlemlerin L^* değerine etkisi incelendiğinde, 441 mJ cm⁻² UV dozu dışındaki tüm işlemlerin, değerinde artış meydana getirdiği, yalnızca 441 mJ cm⁻² dozda uygulanan UV işleminin L^* değerinde azalmaya yol açtığı saptanmıştır. İstatistik açıdan değerlendirildiğinde ise, tüm işlemlerin L^* değeri üzerine etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Kurutma gibi ısı işlem uygulanan ürünlerde ürünün parlaklığını ve meyvenin orijinal rengine yakınlığını temsil eden L^* değerinde meydana gelen düşüş ya da uygulanan işlemlerle değerin azalması bir kalite kaybı olarak değerlendirilmektedir (Hui 2006, Güner 2014). Uygulanan işlemler sonrasında L^* değerinde meydana gelen artışın, meyve suyu renginde bir miktar açılma anlamına geldiği ve özellikle meyve suyu gibi ürünlerde problem teşkil eden renk esmerleşmesi gibi tüketici algısını olumsuz yönde etkileyecek değişimlere sebep olmaması açısından olumlu bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. Meyve sularında meydana gelen söz konusu renk değişimi, duyusal değerlendirmede panelistlerce değerlendirilen renk puanlarında istatistik açıdan önemsiz bir düşüşe sebep olmuştur.

Üzüm sularının a^* değerleri incelendiğinde, tüm işlemlerin meyve sularında a^* değerinde düşüşe neden olduğu ve işlemlerin kontrol örneğine kıyasla bu değeri istatistik açıdan önemli şekilde etkilediği görülmüştür ($p<0.05$). a^* değerindeki en yüksek değişim, 5 kGy gamma radyasyon uygulanan örneklerde saptanmış, bu değişimi 3 kGy dozda gamma ışınlama ve en yüksek dozda uygulanan UV ışınlama işlemi takip etmiştir. a^* değerindeki değişim en çoktan en aza doğru sıralandığında ise sırasıyla 5 kGy, 3 kGy, 1598 mJ cm⁻² ve pastörizasyon işlemi olarak saptanmıştır.

b^* değerinde elde edilen değişim miktarları incelendiğinde ise, L^* ve a^* değerlerinde elde edilen sonuçlara benzer şekilde işlemlerin belirgin değişimlerinden söz etmek güçtür. Ancak pastörizasyon işlemi ile en yüksek dozlarda uygulanan UV ve gamma ışınlama işlemlerinin (1598 mJ cm⁻² ve 5 kGy), b^* değerini düşürücü etki yaptığı, bunun dışındaki işlemler sonucunda ise, üzüm sularının b^* değerinin arttığı saptanmıştır. İşlemler sonucunda üzüm sularının renk değerlerinde meydana gelen tüm değişimler, istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Literatür verileri incelendiğinde, çalışma sonuçlarımıza paralel şekilde elde edilen veriler kadar, ürün farklılıklarından kaynaklanan çok farklı sonuçlarda rapor edilmiştir.

Pastörizasyon işlemi uygulanan üzüm sularında meyve sularının renk değerleri incelendiğinde, L^* değeri artarken, a^* ve b^* değerlerinde azalma saptanmıştır. Tüm değişimler istatistik açıdan önemli bulunmuştur. Meyve ve bunlardan elde edilen meyve suyu gibi birçok üründe, ısı işlemler sonrasında ürünün renginde bir miktar değişim meydana gelmektedir. Özellikle çilek suyu gibi albenisi yüksek kırmızı renge sahip meyve sularının rengi, ısı işlemler sonrasında yüksek miktarda bozunmaktadır (Rodrigo ve ark. 2007, Aguilo'-Aguayo ve ark. 2009). Meyve sularında meydana gelen renk bozulmaları genellikle enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonrasında meydana gelmektedir.

Farklı sıcaklıklarda uygulanan pastörizasyon işleminin elma suyunun rengine etkisinin incelendiği çalışmada, 94 °C'de uygulanan ısı işleminde L^* değeri önemli şekilde artmış, 72 °C'de ise değer bir miktar azalmış ancak istatistik açıdan bir fark saptanmamıştır (Noci ve ark. 2008). a^* değerinde ve b^* değerinde benzer şekilde sırasıyla azalma ve artış meydana gelmiş ve yalnızca yüksek sıcaklıktaki değer istatistik açıdan önemli bulunmuştur. 90 °C'de farklı sürelerde (30 ve 60 saniye) uygulanan ısı işlemler ile yüksek yoğunluklu vurgulu ışınlama (pulsed light) uygulanan çilek sularının bazı kalite kritierlerindeki değişimlerin incelendiği çalışmada, ısı işlem gören ve hiçbir işlem uygulanmayan (kontrol grubu) örneklerde vurgulu ışınlama uygulanan örneklere kıyasla daha düşük L^* değeri saptanmış, ısı işlem gören örneklerin parlaklık değerleri azalmıştır (Aguilo'-Aguayo ve ark. 2009). Uygulanan işlemlerin renk değerlerini istatistik açıdan önemli şekilde etkilediği rapor edilmiştir ($p<0.05$). Çilek gibi meyvelerde tüketicinin ürünü tercih etmesinde en önemli kriterlerden biri olarak görülen ve arzu edilen kırmızı rengin sayısal ifadesi olan a^*/b^* değeri, hem ısı işlem hem de ısı olmayan uygulama sonrasında kontrol örneğine kıyasla önemli şekilde azalmıştır ($p<0.05$).

Farklı dozlarda UV ışınlarına maruz kalan üzüm sularında, işlem sonrası renkte meydana gelen değişim incelendiğinde L^* değeri için 441 mJ cm⁻² UV dozu dışında, aydınlık değerinde artış meydana gelmiş, a^* değerlerinde ise tüm dozlarda azalma gözlenmiştir. b^* değeri incelendiğinde ise en yüksek dozda işlem gören üzüm suları dışındaki dozlarda b^* değerinde artış saptanmıştır. Renk değerlerindeki tüm değişimler kontrole göre istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). UV işleminin karpuz suyunun mikrobiyal yük ve

fizikokimyasal karakteristikleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, UV işleminin renk üzerine istatistik açıdan önemli bir etkisinin bulunmadığı rapor edilmiştir (Feng ve ark. 2013). UV ışınlanan karpuz sularında, toplam renk değişimi, sarılık ve aydınlık/karanlık değerleri kontrol örneklerine kıyasla daha düşük değerlerde saptanmıştır. Kırmızılığı ve çalışılan meyve suyunda ana rengi ifade eden a^* değerinde ise işlem uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) örneklerde çoğunlukla benzer şekilde değiştiği, UV işleminin a^* değeri üzerine pozitif etkisi olduğu belirtilmiştir. Farklı dozlarda uygulanan UV işleminin karpuz suyu örneklerinde benzer şekilde sonuçlar meydana getirmiştir. UV ışınlanan kırmızı biberde yapılan renk değerlendirmesinde, ışınlanmanın a^* değerini etkilemediği rapor edilmiştir (Oey ve ark. 2008). Kırmızı biberde yapılan işlemin herhangi bir değişikliğe neden olmamasına karşın aynı işlemin karpuz suyunun renginde değişikliğe yol açması, gıdanın, yapısında değişime neden olan ve yüzeyden yansıyan ışığın dağılımını etkileyebilecek şekilde farklı tekstür ve mikroyapıya sahip olmasından ileri gelmektedir (Feng ve ark. 2013). Meyvelerin a^*/b^* oranının, meyvedeki kırmızı renk gelişimi için bir referans değer olarak kullanılabilirdiği belirtilmektedir (Arias ve ark. 2000; Feng ve ark. 2013). Daha yüksek a^* değeri ve daha düşük b^* değeri daha şiddetli bir kırmızı rengi tanımlamaktadır. Elma suyunun ısı ve ısı olmayan pastörizasyon teknikleriyle muamelesi sonrasında, renk değişimleri incelenmiş, kontrol örneğine kıyasla en fazla değişim ısı işlem gören elma suyu örneklerinde elde edilmiştir (Noci ve ark. 2008). UV işleminin elma sularının L^* değerini bir miktar azalttığı ancak istatistik açıdan fark yaratmadığı, a^* değerinin azaldığı, b^* değerinin ise arttığı ancak istatistik açıdan kontrol örneğine kıyasla bir fark yaratmadığı belirlenmiştir ($p \geq 0.05$). Araştırma bulgularına benzer şekilde üzüm sularına uygulanan UV işleminin, L^* değeri dışında, a^* ve b^* değerlerinde meydana getirdiği değişim, elma sularında elde edilen verilerle benzerlik göstermiştir. İki farklı nektarin çeşidinden elde edilen meyve sularına iki farklı sıcaklıkta uygulanan UV radyasyon sonucu meyve sularında meydana gelen renk değişimlerinin incelendiği çalışmada, L^* değerinin azaldığı ve bu azalmanın, üründe çözünebilir katı madde miktarının artışından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte, özellikle 45 °C'deki UV radyasyon uygulamasında b^* değeri ile a^* değerinin her ikisinde de keskin bir düşüş olması, esmerleşme reaksiyonunun gerçekleştiği ve radyasyon uygulaması boyunca renkli polimerik bileşenlerin bozunması olayını hızlandırmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Ibarz ve ark. 2005, Aguilar ve ark. 2016). Diğer nektarin çeşidinden elde edilen meyve suyunda, 45 °C sıcaklıktaki UV radyasyon uygulamasında ise, üzüm sularında elde edilen sonuçlara benzer şekilde, L^* değerinde keskin bir artış, a^* değerinde ise bir düşüş belirlenmiştir. L^* değerindeki artış ve a^* değerindeki düşüşün sebebi

olarak, başlangıçta meyve suyunda bulunan ya da PPO enzim aktivitesi sonucu sonradan oluşan pigmentlerin yıkılması ya da Maillard reaksiyonu sonucu oluşan bazı bileşenlerin hasar görmesi gösterilmiştir. b^* değerinde ise, keskin bir düşüş saptanmış ancak istatistik açıdan önemli bulunmamış ($p \geq 0.05$), diğer çeşitte ise b^* değerinde artış meydana gelmiştir. Bir başka çalışmada, araştırma sonuçlarımıza benzer şekilde, 4 farklı elma çeşidinden elde edilen elma sularına uygulanan UV ışınlama sonrasında L^* değerinde artış meydana gelmiştir (Falguera ve ark. 2011). UV ışınlama sonucu artan parlaklığın, meyve suyunda mevcut bulunan ya da melanin/melanoidinler gibi PPO enzim aktivitesi ya da Maillard reaksiyonu ile hızlıca ortamda varolan bazı pigmentlerin ışınlama ile tahrip olması sonucu arttığı belirtilmiştir. Elma sularının a^* değeri ise ışınlama ile azalmış, b^* değerinin değişimi ise çeşitler arasında farklılık göstererek çeşide göre değişen mikro besin bileşenleri ile gıdanın yapısından kaynaklanan ve ışığın dağılımını etkileyen bileşenlerin varlığından kaynaklandığı kanısını birkez daha doğrulamıştır. Tüm renk bileşenleri değerlendirildiğinde, en açık renkli meyve suyunun elde edildiği çeşitte, açık renkli ürün eldesinin sebebi olarak pH'nın düşük olması ve bu nedenle PPO enzim aktivitesinin daha yavaş gerçekleşmesi olduğu vurgulanmıştır (Falguera ve ark. 2011). Mantar yüzeyine uygulanan UV-C ışınlama işleminde sonuçlarımızdan farklı şekilde, kontrol örneklerine kıyasla, UV dozunun artmasıyla L^* değerinde azalma, a^* ve b^* değerinde ise artış meydana gelmiştir (Guan ve ark. 2012).

Gamma ışınlama sonrası üzüm sularının renk değerleri incelendiğinde, L^* değerinde kontrole göre artış, a^* değerinde ise azalma olduğu belirlenmiştir. b^* değerinde ise, 3 kGy dozda istatistik açıdan bir değişim gözlenmezken, 5 kGy dozda meydana gelen azalma istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Karpuz suyuna 3 farklı dozda uygulanan (1, 3 ve 5 kGy) gamma ışınlama işleminin, renk üzerine etkisi incelendiğinde, gamma ışınlanan meyve suyunun Hunter renk değerlerinde, taze meyve suyuna göre gelişim saptanmıştır (Eissa ve ark. 2014). Çalışma sonuçlarının çoğunlukla, araştırma bulgularımıza paralel şekilde rapor edildiği çalışmada, kontrol ve 1 kGy radyasyon uygulanan örneklerde renk değerlerinin hemen hemen birbirine yakın bulunduğu ve büyük bir değişim saptanmadığı ancak radyasyon dozunun 5 kGy'e yükselmesiyle L^* değerinin yükselerek daha parlak bir renk elde edildiği rapor edilmiştir. a^* değerleri incelendiğinde, 3 kGy doza kadar değerin düştüğü ancak 5 kGy gamam radyasyon uygulaması sonrasında değerin keskin bir şekilde arttığı saptanmıştır. b^* değeri incelendiğinde ise kontrole kıyasla 3 kGy'e kadar artan dozlarda b^* değerinin azaldığı buna karşın 5 kGy dozda değerin hızlı bir şekilde arttığı saptanmıştır. Kivi nektarına uygulanan 3 farklı gamma ışın dozunun (0.5, 1 ve 2 kGy), L^* , a^* ve b^* değerleri üzerinde bir

miktar değişime neden olduğu ancak bu değişimin istatistik açıdan önemli bir fark yaratmadığı rapor edilmiştir (Harder ve ark., 2009). 2 farklı dozda (1 ve 2 kGy) gamma radyasyon uygulanan ananas meyvesinin L^* , a^* ve b^* değerlerine, radyasyonun etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$) (Perecin ve ark. 2011). Literatürde demirhindi ya da hint hurması olarak bilinen tamarind suyuna farklı dozlarda (0, 1, 3, 5 kGy) uygulanan gamma ışınlatma sonrasında, ışınlatmanın ürün rengi üzerine etkisi çalışma sonuçlarımıza benzer şekilde bulunmuştur. Gamma ışınlatmanın taze olarak sıkılan tamarind suyunun L^* değerinde istatistik açıdan önemli bir artışa neden olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Sıkıldıktan hemen sonra gamma ışınlanan meyve sularında, Hunter renk değerlerinin önemli şekilde gelişim gösterdiği ve rengin gelişerek, ışınlanmayan meyve suyundakine kıyasla daha arzu edilebilir hale geldiğı rapor edilmiştir (Lee ve ark. 2009). Isıl işlem gibi ürünün renginde olumsuz değişimler yaratabilen termal uygulamaların yanı sıra gamma ışınlatma gibi işlemlerin meyve suyu gibi ürünlerde rengi geliştirdiğı belirtilmektedir (Lee ve ark. 2009). Vişne sularına uygulanan gamma ışınlatma sonrasında yapılan renk analizinde, gamma radyasyonun kontrol örneğine kıyasla L^* ve b^* değerlerinde önemli bir artışa, a^* değerinde ise azalmaya sebep olduğu rapor edilmiştir (Arjeh ve ark. 2015). Parlaklık değerinde meydana gelen ve sonuçlarımızla benzerlik gösteren istatistik açıdan önemli bulunan artış, çalışmadaki tüm dozlarda elde edilmiştir. L^* ve b^* değerlerinde pozitif yönde bir renk değişimi, vişne sularında parlaklığın artışı ya da saydamlığa doğru bir yönelimi tanımlamaktadır. Tüm dozlarda meydana gelen a^* değerindeki azalma ise, antosiyaninlerin degradasyonunun bir sonucu olarak rapor edilmiştir.

Sonuç olarak, üzüm sularının renk değerlerini oluşturan tüm parametrelerde, kontrol örneklerine kıyasla istatistik açıdan önemli değişimler gözlenmiştir. L^* değerinde meydana gelen artış, işlemler sonrasında ürünün parlaklığının arttığını dolayısıyla ürünün kontrol örneğine kıyasla daha saydam bir görünüm kazandığını göstermektedir. Diğer bir renk parametresi olan a^* değerinde ise, işlemler sonrasında, azalma meydana gelmiş ve bu değişim beyaz üzüm suyu gibi açık renkli bir üründe kırmızılığın aksine yeşil renge doğru ilerleme olması açısından olumlu olarak değerlendirilmiştir. Üzüm sularının b^* değerinde ise, diğer renk parametreleri gibi keskin ve tek düze değişimler gözlenmezken, gamma ışınlatma, pastörizasyon ve 1598 mJ cm^{-1} UV dozunda azalma, diğer işlemlerde ise artış saptanmıştır. Literatür verileri ve değerlendirmeleri ışığında, L^* değerinde meydana gelen artışın olumlu bir sonuç olarak değerlendirilebileceğini söylemek mümkündür. Nitekim, özellikle ısıl işlemler sonrasında genellikle L^* değerinde düşüş meydana gelmekte ve L^* değerinde

meydana gelen azalma, meyve renginde kararma olarak yorumlanmakta dahası meyvenin doğal renginden uzak bir değeri ifade etmektedir. Çalışmamızda bu değerin artması daha saydam ve parlak bir meyve suyu görünümünün ortaya çıktığını göstermektedir. a^* değerinde meydana gelen düşüş literatür verileri ışığında değerlendirildiğinde, L^* değerine benzer şekilde, a^* değerindeki söz konusu değişimde olumlu bir sonuç olarak rapor edilmiştir. L^* ve a^* değerlerinde elde edilen bu değişimler, meyve suyunun yapısında bulunan ya da melanin/melanoidinler gibi PPO enzim aktivitesi ya da Maillard reaksiyonu ile sonradan hızlıca ortamda varolan bazı pigmentlerin işlemlerle tahrip olması sonucu ortaya çıkmıştır. Buna ek olarak, a^* değerinde meydana gelen azalmanın, antosiyaninlerin yıkımından kaynaklanabileceği de rapor edilmiştir. Üzüm sularının b^* değerinde, rengi tanımlayan diğer iki parametreden farklı olarak keskin değişimler gözlenmezken b^* değerinde, işlemler sonucunda hem artış hem de azalmanın meydana geldiği belirlenmiştir. b^* değerinin pozitif yönde ilerlemesi, sarılık değerinin arttığını, L^* değeri ile birlikte pozitif yönde ilerlemesi saydamlık ve parlaklığın arttığını göstermektedir.

Uygulanan ısı ve ısı olmayan işlemlerin, üzüm sularının renk değerlerine etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla örneklerin toplam renk değişim (ΔE) değerleri belirlenmiş ve Çizelge 4.16'da verilmiştir. Toplam renk değişim değerleri (ΔE) incelendiğinde, gamma ışınlama işleminde doz artışı ile renk değişiminin arttığı ve üzüm sularının renk değerlerinde en fazla değişimin, en yüksek dozda uygulanan gamma ışınlama işleminde meydana geldiği saptanmıştır ($p < 0.05$). En az değişimin ise en düşük iki dozdaki UV-C ışınlanan üzüm sularında elde edildiği ve UV-C ışınlama işlemleri için en fazla renk değişimi değerinin en yüksek dozda uygulanan işlemde meydana geldiği saptanmıştır. Pastörizasyon işlemi ise ısı olmayan işlemlerle kıyaslandığında gamma ışınlamadan düşük, UV-C ışınlamadan yüksek toplam renk değişimine yol açmıştır. İşlemlerin, üzüm sularının renk değerlerine etkisi arasındaki fark istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Literatür verileri incelendiğinde çalışma sonuçlarımızla paralel şekilde, 1, 3 ve 5 kGy dozda uygulanan gamma ışınlama sonrasında kavun sularında elde edilen toplam renk değişimi değerlerinde, ışın dozunun artmasıyla önemli bir artış rapor edilmiştir (Eissa ve ark. 2014). Noci ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada, elma suyuna uyguladıkları ısı ve ısı olmayan işlemler sonrasında, toplam renk değişimi değerlerini incelemiş ve çalışma sonuçlarımızla benzer şekilde, 72 ve 94 °C'de yapılan ısı işleminin UV işlemine kıyasla daha yüksek bir ΔE değerine yol açtığı ve bu değişimin istatistik açıdan önemli olduğunu ($p < 0.05$) rapor etmişlerdir. Üzüm, yaban mersini ve greyfurt sularına uygulanan UV-C ışınlama işlemi sonrasında renk değerleri incelenmiş ve

artan UV-C ışın dozu ile birlikte ΔE değerlerinin de arttığı rapor edilmiştir (Guerrero-Beltran ve ark. 2009). Cserhalmi ve ark. (2006)'da verilen sınıflandırmaya göre, toplam renk değişimi (ΔE), $0,5 < \Delta E < 1,5$, $1,5 < \Delta E < 3,0$ ve $3,0 < \Delta E < 6,0$ arasında değerler olarak sırasıyla “kısmen fark edilebilir”, “fark edilebilir” ve “gözle görülür” değişim olarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçları söz konusu sınıflandırmaya göre değerlendirildiğinde, gözle görülür renk değişiminin en yüksek dozda uygulanan gamma ışınlama işleminde ortaya çıktığı, fark edilebilir değişimin pastörizasyon ve 3 kGy gamma ışınlanan üzüm sularında meydana geldiği ve UV-C ışınlanan örneklerde ise değişimin belirsiz olduğu saptanmıştır. Portakal ve havuç suyu karışımına uygulanan pastörizasyon ve ısı olmayan işlemlerin, ürünün renginde meydana getirdiği değişim incelendiğinde, çalışmamız sonuçlarına paralel şekilde, pastörize edilen karışımın renk değişim değerleri fark edilebilir aralıkta saptanmış, UV işleminde kapsayan ısı olmayan işlem uygulaması sonrasında meydana gelen değişim ise belirsiz bir değişim olarak rapor edilmiştir. Sonuç olarak, çalışmamızda, üzüm sularının ΔE değerleri incelendiğinde, ısı olmayan işlemler açısından en az değişim, UV-C işlem dozları ile düşük gamma radyasyon düzeyinde ışınlanan örneklerde elde edilmiş bununla birlikte pastörizasyon işlemi yalnızca yüksek dozda gamma ışınlanan örneklerdeki değişimin altında kalmış üzüm sularında diğer tüm işlemlerden fazla bir değişime yol açmıştır.

4.5.11. Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Üzüm Sularının Duyusal Özelliklerine Etkisi

Pastörizasyon ve farklı dozlarda UV radyasyon uygulamalarının üzüm sularının duyusal özellikleri üzerine etkileri Çizelge.4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. İşlemlerin Üzüm Sularının Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi

*	Görünüş		Renk		Koku		Tat	
	Öncesi	Sonrası	Öncesi	Öncesi	Sonrası	Sonrası	Öncesi	Sonrası
Pastörizasyon	4.0±0.7 ^a	3.4±1.3 ^a	3.8±0.8 ^a	2.7±1.3 ^b	3.5±0.9 ^a	2.9±1.2 ^a	3.4±1.1 ^a	2.8±1.6 ^a
UV doz-1598 mJ cm ⁻²	4.0±0.7 ^a	3.5±1.0 ^a	3.8±0.8 ^a	3.2±1.5 ^a	3.5±0.9 ^a	3.2±1.2 ^a	3.4±1.1 ^a	3.0±1.5 ^a
UV doz-441 mJ cm ⁻²	4.0±0.7 ^a	4.1±1.2 ^a	3.8±0.8 ^a	4.0±0.9 ^a	3.5±0.9 ^a	3.7±0.8 ^b	3.4±1.1 ^a	3.3±1.0 ^a
UV doz-239 mJ cm ⁻²	4.0±0.7 ^a	3.6±0.9 ^a	3.8±0.8 ^a	3.8±1.0 ^a	3.5±0.9 ^a	3.8±1.2 ^b	3.4±1.1 ^a	3.8±1.1 ^a

* Aynı satırda bulunan harfler, her işlemin kontrol örneğine göre istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi kontrol örneği ile kıyaslanmaktadır. Pastörizasyon işlemi için tek satır, UV işlemi için üç satır ve gamma radyasyon için iki satır, kendi aralarında değerlendirilmektedir (p<0.05).

Isıl işlemler gibi muhafaza yöntemleri, mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonunu sağlayarak ürünün raf ömrünü arttırmak için kullanılmaktadır (Riganakos ve ark. 2017). Bununla birlikte literatürde ısıl işlemlerin, özellikle tüketici algısını direk olarak etkileyen renk ve duyuşal özelliklerde arzu edilmeyen değişimlere neden olduğu birçok araştırıcı tarafından ortaya konmuştur. Bu nedenle ısıl işlemlere alternatif olarak kullanımı araştırılan ısıl olmayan işlemlerin patojen ve bozulmaya neden olan mikroorganizmalar ile ürünün raf ömrünü kısaltan enzimler üzerine etkilerinin yanı sıra, duyuşal özellikler üzerine etkisinin de incelenmesi gerekmektedir.

Literatür incelendiğinde ısıl olmayan tekniklerin bazıları, ısıl işlemler sonucunda üründe meydana gelen aroma, renk ve besin değerinin azalması gibi kalite kayıplarını en aza indirmeye yardımcı olmaktadır (Mertens ve Knorr 1992, Noci ve ark. 2008, Riganakos ve ark. 2017). Özellikle meyve suyunda termal pastörizasyon veya sterilizasyon işlemlerinde, ısıtma işlemleri sırasında renk değişimi ile meyve suyunun bazı vitaminleri ile aromasında kayıplar meydana gelmektedir (Choi ve Nielsen 2005).

Çizelge 4.17 incelendiğinde, üzüm suyu örneklerinin görünüş, renk, koku ve tat değerlendirmesi sonrasında aldığı puanlar incelendiğinde, neredeyse tüm işlemlerin kontrol örneğinden çokta farklı özellikler göstermediği belirlenmiştir.

Pastörize üzüm sularının duyuşal değerlendirme puanları incelendiğinde, ısıl işlemin üzüm sularının görünüş, koku ve tat özellikleri üzerine etkisinin istatistik açıdan önemli bir etki yaratmadığı, yalnızca renk değerinde istatistik açıdan önemli bir azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Havuç sularına uygulanan ısıl işlemin, meyve sularının rengine kontrol örneklerine kıyasla kahverengileşme ile görünüşte topaklaşma ve homojen olmayan görünüme neden olduğu rapor edilmiştir (Riganakos ve ark. 2017). Havuç sularında elde edilen sonuçlarla kıyaslandığında, çalışmamızda ısıl işlem gören ürünlerde duyuşal değerlendirme puanları azalmış ancak bu azalma yalnızca renk kriterinde istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Çalışmamızdan farklı şekilde, asitlendirilmemiş ve asitlendirilmemiş havuç sularına uygulanan ılımlı ısıl işlem ve yüksek basınç uygulamaları sonrasında en yüksek duyuşal puanı ısıl işlem gören örnekler elde etmiştir (Picouet ve ark. 2015). Üzüm sularında ise en yüksek duyuşal puanlar UV uygulanan işlemler sonrasında saptanmıştır.

UV ışınlatma sonrasında elde edilen duyu analizi verileri incelendiğinde ışınlatmanın kontrol örneğine kıyasla üzüm sularında çok az değişime sebep olduğu değerlendirilebilir. Görünüş, koku, renk ve tat özellikleri değerlendirildiğinde, UV işleminde iki dozun istatistik açıdan meyve sularının karakteristik kokusunda önemli bir değişime neden olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). 1598 mJ cm^{-1} UV dozunda işlem uygulanan örneklerde, işlemin üzüm sularının duyu kalite özelliklerine etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$). Diğer iki dozda uygulanan UV işlemlerinin ise duyu özelliklerinden görünüş, renk ve tat özelliklerine etkisinin istatistik açıdan önemsiz olduğu ($p \geq 0.05$), söz konusu iki dozun üzüm sularının koku değerini ise istatistik açıdan önemli şekilde etkilediği belirlenmiştir ($p < 0.05$).

UV ışınlatma ve ısı pastörizasyon işlemlerinin havuç suyunun kalite özelliklerine etkisi üzerine yapılan çalışmada, panelistler tarafından değerlendirilen renk, koku, yapı ve tat gibi duyu özellikleri açısından, UV-C ışınlatılan meyve sularının ısı pastörizasyon uygulanan örneklere kıyasla daha üstün duyu karakteristiğine sahip olduğu rapor edilmiştir (Riganakos ve ark. 2017). Tüm havuç suyu örnekleri (ısı işlem gören, UV ışınlatılan), kabul edilebilirlik limitinin üstünde puan almıştır. Isı işlem uygulanan meyve sularının rengi, UV ışınlatılanlara kıyasla, bir miktar kahverengileşmiş, meyve suyunda homojen olmayan bir görünüm ve bir miktar topaklaşma meydana geldiği rapor edilmiştir. Buna karşın, UV-C işlem gören havuç suları tat değerlendirmesinde daha yüksek puan almış ve tercih edilebilirlik açısından kontrol grubundan sonra ikinci sırayı almıştır. Panelistlerin % 40'ı en iyi meyve suyu olarak işlem görmemiş meyve suyunu, % 32'si ise UV işlem görenleri tercih etmiştir. Isı işlemde daha fazla olmakla birlikte UV işlem uygulanan örneklerde dahil olmak üzere, havuç sularında bir miktar kahverengileşme meydana gelmiştir. Havuç suyunun eldesi sırasında meyve ve sebzelerin yapısında doğal olarak bulunan ve yapıyı UV ışınlar gibi streslerden koruyan pigmentler ve özellikle melanin gibi UV radyasyonu absorblayan maddeler, enzimatik esmerleşmeden sorumlu koruyucu enzimlerin çalışmasına izin vererek kahverengileşmeye neden olmaktadır (Alkint ve ark. 2004, Riganakos ve ark. 2017). Ancak çalışmada panelist tercihleri göz önünde bulundurulduğunda, UV ışınlatma sonrası meydana gelen kahverengileşmenin, panelistlerin tercihlerini olumsuz yönde etkilemediği belirlenmiştir. Çalışmamızda benzer şekilde, üzüm sularının renk değerleri incelendiğinde, en düşük renk puanı pastörize edilen ürünlerde saptanmış, UV ışınlatma işleminde 1598 mJ cm^{-1} UV dozu dışındaki işlemlerde renk puanlarında artış meydana gelmiştir. UV işlemi renkteki tüketici algısını istatistik açıdan önemli şekilde etkilememiştir. Taze kesilmiş havuç

dilimlerinin sertlik, sululuk ve meyve aroması özelliklerine, uygulanan UV ışının etkisinin incelendiği çalışmada, meyvenin sertlik ve sululuk değerleri, ışınlama ile bir miktar artmasına karşın meyve aromasında kontrol örneğine kıyasla bir miktar düşüş gözlenmiş ancak istatistik açıdan kontrole kıyasla önemli bir fark saptanmamıştır (Manzocco ve ark. 2011). Çalışma sonuçlarımızla kıyaslandığında tüm özellikler bakımından, yalnızca koku özelliğinin ışınlama ile önemli şekilde değiştiği, en düşük iki dozda istatistik açıdan önemli şekilde azaldığı saptanmıştır ($p<0.05$). UV ışınlama işleminin aromayı oluşturan bileşenler üzerine önemli bir etkisi olduğu önceki çalışmalarda belirtilmiş, geranilaseton, β -siklositral, β -iyonon gibi bazı terpenoidlerin, UV ışın stresine direk cevap olarak miktarlarında meydana gelen artışın, aromaya olumlu yönde ve önemli şekilde katkıda bulunabildiği rapor edilmiştir (Manzocco ve ark. 2011). UV-C uygulamasının sıvı yumurta ürünlerinin duyu özelliklerine etkisi incelendiğinde, duyu özelliklerdeki değişim en az yumurta beyazında rapor edilirken, UV-C ve işlem uygulanmayan kontrol grubunun duyu özelliklerinde önemli bir değişim saptanmamıştır (Souza ve Fernandez 2012). Havuç suyuna uygulanan farklı dozlarda gamma ışınlama ve UV ışınlama sonrasında duyu olarak tercih edilebilirliği kıyaslanan meyve sularında, işlemler arasında istatistik açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ($p<0.05$) (Jo ve Lee 2012). Keçi sütüne uygulanan UV ışınlama sonrasında duyu kriterlerin değişiminin incelendiği bir çalışmada, UV ışının bir miktar oksidatif ve hidrolitik ransiditeye sebep olmasına karşın serbest yağ asidi miktarında meydana gelen artışın duyu anlamında koku kriterinde saptanabilir bir değişime neden olmadığı rapor edilmiştir (Matak ve ark. 2007). İnek sütünde ışınlama sonrası, ışınlamanın koku üzerine etkisinin incelendiği bir başka çalışmada, çalışma verilerimize benzer şekilde UV ışınlamanın kontrole kıyasla sütün kokusunda istatistik açıdan önemli bir fark yaratmadığı rapor edilmiştir (Bandla ve ark. 2012).

UV ışınlama sonrasında yapılan duyu analiz sonucu, ışının sütün duyu özelliklerinde bir miktar değişime neden olduğu, panelist görüşlerinde, UV ışınlanan sütte, yağlımsı bir tat meydana geldiği ve bu duyu gelişimin diğer uygulamalardan daha yüksek kabul edilebilirlik puanı aldığı rapor edilmiştir (Cilliers ve ark. 2014). Çalışma kapsamında kontrol grubu olarak kabul edilen pastörize süt örnekler ile pastörizasyon ve UV ışınlamanın kombine kullanıldığı örneklerde dahil olmak üzere ekşi süt aromasında istatistik açıdan önemli bir fark saptanmamıştır ($p\geq 0.05$). Ağız hissi olarak puanlama yapıldığında ise, UV ışınlama yapılan sütler, pastörize edilen ve hem pastörize hem de UV ışınlanan ürünlere kıyasla istatistik açıdan önemli şekilde az puan almışlardır ($p<0.05$). Okside aroma açısından da en belirgin hissi yine UV ışınlanan ürünler vermiştir. Sütte yapılan bir başka çalışmada ise,

UV ışın dozunun artmasıyla olumsuz tat oluşumunun arttığı rapor edilmiştir. Süt gibi ürünlerde arzu edilmeyen aroma oluşumu genellikle lipit oksidasyonu ya da tiyobarbiturik asit reaktif bileşenlerinin artışından kaynaklanmakta ve panelistler tarafından yanık tada benzer bir tat olarak tanımlanmaktadır (Rositto ve ark. 2012).

Her ne kadar süt gibi yağ miktarı yüksek ürünlerde UV ışınlama işleminin lipit oksidasyonu ya da bazı oksidasyon ürünlerinin oluşumunu uyararak tada olumsuz etkisi rapor edilmiş olsa da, bu tip ürünlerin aksine birçok çalışmada meyve suyu gibi ürünlerde duyuşal özelliklere ya hiç etki etmediği ya da ortaya çıkan sınırlı etkinin önemli bir fark yaratmadığı belirtilmektedir. Isıl işlemlere kıyasla ısı olmayan işlemlerin, doğal bir tat sağlayarak ürünün duyuşal karakteristiklerini daha iyi koruduğu rapor edilmiştir (Gupta ve ark. 2013, Hakgüder 2009). Çalışmamız verileri incelendiğinde de literatür verileri ve kanırlarını destekler nitelikte sonuçlar elde edilmiş olup en yüksek duyuşal puanların UV işleminde saptandığı, ışınlanmış üzüm sularının hem kontrol hem de ısıl işlemlerden daha üstün özellikler gösterdiği belirlenmiştir. İstatistik açıdan işlemler önemli farklılık göstermesede olumsuz anlamdaki tek önemli fark pastörizasyon işleminde elde edilmiştir.

4.6. DEPOLAMA DENEMELERİ

Pastörizasyon gibi ısıl işlemlerin yanı sıra ısı olmayan uygulamalar, son yıllarda depolama süresince üründe meydana gelebilecek farklı hasarları azaltmak ve raf ömrü boyunca kaliteyi korumak amacıyla kullanımı araştırılan teknolojilerdir. Bu nedenle çalışma kapsamında, üzüm sularına uygulanan pastörizasyon ile gamma radyasyon ve UV ışınlama işlemlerinin etkinliğinin ve ürünün mikrobiyal, kimyasal, fiziksel ve duyuşal kalitesine ne yönde etki ettiğinin belirlenmesinde kullanılan analizler, 14 gün boyunca buzdolabı koşullarında gerçekleştirilen depolama işlemi boyunca da uygulanarak söz konusu özelliklerin değışiminin izlenmesi hedeflenmiştir.

4.6.1. Depolama Süresince Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) Sayısındaki Değışim

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışınla muamele edilen üzüm sularının depolama boyunca toplam mezofilik aerobik bakteri sayısında (TMAB) meydana değışimler Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Depolama boyunca üzüm sularının toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayısı (log kob/ml)

İşlem*		TMAB (log kob/ml)					
		Depolama Süresi (gün)					
		0	1	3	5	7	14
Kontrol		1.53±0.21 ^{ab}	1.36±0.21 ^a	1.59±0.12 ^{ab}	2.04±0.08 ^{cd}	2.11±0.15 ^d	1.81±0.16 ^{bc}
Pastörizasyon		0.33±0.09 ^a	0.33±0.12 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
γ	3 kGy	1.20±0.36 ^{ab}	0.66±0.27 ^a	0.66±0.31 ^a	1.54±0.21 ^b	1.60±0.46 ^b	3.60±0.46 ^c
	5 kGy	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0.39±0.15 ^b	0.16±0.09 ^a
UV	1598 mJcm ⁻²	1.57±0.38 ^{ab}	1.72±0.43 ^{ab}	1.83±0.34 ^b	1.80±0.1 ^b	1.70±0.18 ^{ab}	1.18±0.20 ^{ac}
	441 mJcm ⁻²	2.21±0.11 ^a	2.52±0.27 ^b	2.67±0.08 ^b	2.43±0.13 ^{ab}	2.46±0.14 ^{ab}	2.44±0.13 ^{ab}
	239 mJcm ⁻²	1.72±0.20 ^a	2.45±0.22 ^c	2.02±0.09 ^b	2.04±0.1 ^b	2.07±0.11 ^b	2.22±0.12 ^{bc}

*Aynı satırda bulunan harfler, işlem sonrası depolama süresinin istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi içerisinde kıyaslanmaktadır (p<0.05).

Kontrol grubunu oluşturan işlem görmemiş üzüm sularının buzdolabı koşullarında depolanması süresince, toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayısındaki değişim, Çizelge 4.18’de görülmektedir. Depolama periyodunun ilk gününde olasılıkla düşük depo sıcaklığı nedeniyle soğuk zararına uğrayan mezofil bakterilerinden kaynaklanan ani düşüşler nedeniyle TMAB sayısında bir miktar azalma meydana gelmiş, ani düşüş sonrasında 7. güne kadar TMAB sayısında gözlenen artış ise olasılıkla canlılığını sürdürebilen bakteri yükünün buzdolabı koşullarında gelişip çoğalabilmesinden kaynaklanmıştır. 7. günden sonra artan titrasyon asitliği nedeniyle ortaya çıkan elverişsiz koşullar, TMAB sayısında yeniden bir azalmaya yol açmış, depolamanın 14. gününe kadar geçen sürede meydana gelen azalma sonrasında üzüm suları, TMAB sayısında başlangıç değerine göre yaklaşık 0.30 log kob/ml artışla depolama periyodunu tamamlamıştır. Sonuçlar istatistik açıdan incelendiğinde ise, 5. güne kadar depolamanın, TMAB sayısı üzerine önemli bir etkisi saptanmamış bu günden itibaren bir haftalık depolamanın TMAB sayısına etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). İşlem görmeden depolamaya alınan üzüm sularında depolamanın ilk 7 gününde başlangıç değerine göre önemli bir artış (p<0.05) gösteren TMAB sayısı depolamanın son gününde (14. gün) başlangıç seviyesine gerilemiştir. Depolama periyodu genel olarak

değerlendirildiğinde ise, ilk 7 günlük periyotta TMAB sayısında meydana gelen artış depolamanın bakteriyel yüke etkisinin istatistik açıdan önemli ($p < 0.05$) bulunmuş buna karşın ikinci 7 günlük periyotta azalma eğilimi gösteren bakteriyel popülasyonun ulaştığı değer -iki haftalık periyot genel olarak değerlendirildiğinde- başlangıca kıyasla istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$).

Meyve sularının mikrobiyal raf ömrünü belirlemede 6 log kob/ml lik bir mikrobiyal yük limiti belirtilmektedir (Mirrazavi 2011). Araştırma bulgularına bakıldığında, üzüm sularının 2 haftalık depolama periyodu sonucu hem hiçbir işlem görmemiş hem de ısı ve ısı olmayan işlemlerle muamele edilmiş üzüm suları için mikrobiyolojik raf ömrünün devam ettiği görülmektedir. Çalışmamızdan farklı olarak, sıkıldıktan hemen sonra hiçbir işlem uygulanmadan depolamaya alınan ananas sularının mikrobiyal raf ömrünü 1-2 hafta içerisinde doldurduğu bir başka deyişle depolama süresince mikrobiyal yükün 6 log kob/ml değerini aştığı rapor edilmiştir (Chia ve ark. 2012). Kavun suyunun sıkıldıktan sonra 5 °C'de 37 gün depolanmasında toplam aerobik sayısının arttığı ve 14. günde meyve suları için kabul edilebilir üst mikrobiyal limit olan 6 log kob/ml üzerindeki değerlere ulaştığı rapor edilmiştir (Feng ve ark. 2013). Nar sularında yapılan raf ömrü çalışmasında ise, taze sıkılmış meyve sularının 4 °C'de 14 gün boyunca depolanması süresince toplam aerobik bakteri sayısının hızlı bir şekilde yükseldiği gözlenmiştir (Aligourchi ve ark. 2008). Çalışmaya paralel olarak araştırmamızda, 7. güne kadar üzüm sularının TMAB sayısı hızlı bir şekilde yükselmiştir. Benzer bir artış, herhangi bir işlem uygulanmadan 4 °C'de depolamaya alınan elma ve turnayemişi sularının mikrobiyal yüklerinde görülmüş, söz konusu meyve sularının mikrobiyal yükü 3 gün içerisinde 3 log kob/ml değerini aşmıştır (Palgan ve ark. 2011). Dilimlenen kavunların 10 °C'de 6 gün boyunca depolanmasının, mikrobiyal yüke etkisinin incelendiği bir çalışmada, depolamanın ilk 3 gününde yaklaşık 0.5 log kob/g artış gözlenmişken depolamanın 6. gününde yaklaşık 7.6 log kob/g mezofilik bakteri yükü ile başlangıca göre 5 log kob/g lık bir artış saptanmıştır (Lamikanra ve ark. 2005). Kesilen elma dilimlerinin 5 °C'de 7 günlük depolama periyodunda, işlem uygulanmayan örneklerin uygulananlara kıyasla toplam aerobik bakteri sayısının yüksek değerlere çıktığı ve 7 gün içerisinde başlangıç değerinin yaklaşık 20 katına ulaştığı rapor edilmiştir (Gomez ve ark. 2010). İşlem uygulanmadan hem 4 °C hem de 10 °C'de yaklaşık iki haftalık periyotta depolanan portakal suyu örneklerinde, toplam aerobik bakteri sayısının depolama boyunca hızla yükseldiği belirtilmiştir (Uysal-Pala ve Kırca Toklucu 2013).

Pastörizasyon uygulanan üzüm sularında depolamanın başlangıcında üründe bulunan 0.33 log kob/ml seviyesindeki bakteriyel yük, depolamanın ilk gününde ortamda varlığını sürdürmüş, 3. depolama günü bakteriyel yük sıfıra düşmüş ve depolama süresince mezofilik aerobik bakteriye rastlanmamıştır. TMAB sayısında meydana gelen düşüşün olasılıkla mezofil bakterilerin buzdolabı koşullarındaki depolama şartlarına uyum sağlayamamasından kaynaklandığı düşünülmüştür (Tran ve Farid 2004). 3. gün bakteri yükünde meydana gelen azalma başlangıç değerlerine göre istatistik açıdan önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Vurgulu elektrik alan uygulamasıyla birlikte elma ve turnayemişi sularının mikrobiyal yükünün depolama boyunca değişiminin incelendiği çalışmada, soğukta depolanan üründe 28. günde mezofilik aerobik bakteri sayısı 6 log kob/ml mikrobiyal sınırını geçmiş ve mikrobiyal raf ömrünü doldurmuşken pastörize edilen örnekler ise 28. günde ancak 1.32 log kob/ml değerine ulaşmıştır (Palgan ve ark. 2011). Çalışmamızda ısı ve ısı olmayan tüm işlemler kıyaslandığında, meyve sularının depolanmasında mikrobiyal kriter olarak vurgulanan 6 log kob/ml lik sınırın altında kalarak mikrobiyal raf ömrü açısından limitlerin altında kalmıştır. Bununla birlikte pastörizasyon işleminin mikroorganizmaları daha etkin bir şekilde öldürmesi ve depolamanın 1. gününden itibaren iki haftalık depolama periyodunda mikroorganizmaya rastlanmaması, mikrobiyal kalite anlamında ısı işlemin diğer işlemlerden bir adım önde olduğunu göstermektedir.

3 kGy doz uygulanan gamma ışınlanmış üzüm sularının 14 günlük depolama boyunca TMAB sayısında meydana gelen değişimler (Çizelge 4.18) incelendiğinde, 3. depolama günü dahil olmak üzere TMAB yükünde bir miktar azalma meydana geldiği görülmektedir. söz konusu azalmanın, gamma ışınlama işlemi sırasında hasar alan mezofil bakterilerin buzdolabı koşullarına daha da hassas hale gelerek depolama sıcaklığında etkisiyle varlığını sürdürememesinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Bakteri yükü istatistik olarak incelendiğinde ise, azalmaya karşın TMAB yükünde istatistik açıdan önemli bir farklılık saptanmamıştır ($p \geq 0.05$). 5. gün itibariyle bakteriyel yük sürekli olarak artmaya başlamış ve istatistik açıdan önemli bulunan bu artış depolama sonuna kadar devam etmiştir. 7. gün itibariyle mikrobiyal yükte daha hızlı bir artış saptanmış ve 7 ile 14. günler arasındaki bu dramatik artış istatistik açıdan önemli bulunmuştur. Benzer bir sonuç, Prakash ve ark. (2002), tarafından yapılan çalışmada gamma radyasyon uygulanan domateslerde depolamanın 12 ile 15. günleri arasında rapor edilmiştir. 3.2 kGy dozlama yapılan kiraz domateslerde başlangıçta ölçülen toplam mezofilik bakteri sayısının 7. günde başlangıça göre bir miktar daha arttığı gözlenmiştir (Guerreiro ve ark. 2016). 3 kGy doz uygulanan üzüm sularında elde edilen

bulgulara benzer şekilde karalahana sularında, ışınlama sonrasında 10 °C'deki 3 günlük depolama boyunca istatistik açıdan önemli bir azalma saptanmıştır (Song ve ark. 2007). Literatüre paralel şekilde depolamanın ilk günlerinde meydana gelen söz konusu azalma, ışınlama sonrası etkiden kaynaklanmaktadır (Byun ve ark. 2001). Radyasyondan kaynaklanan öldürücü olmayan hasarlanma, hücrenin çevre kaynaklı stres faktörlerine olan hassasiyetini arttırmaktadır. Radyasyondan zarar gören ancak canlılığını sürdüren hücreler, depolama boyunca çevresel faktörlere uyum sağlayamayarak kademeli olarak inaktive olmaktadır (Byun ve ark. 2001). Bununla birlikte, ışınlanan gıdalarda radyasyondan kaynaklanan hasarlanmalarda hayatta kalmayı başaran hücrelerin gelişim eğrisinde lag süresinin uzamasıda rapor edilen bir başka durum olarak karşımıza çıkmaktadır (Grant ve Patterson 1992, Song ve ark. 2007).

5 kGy dozda gamma ışınlanan üzüm sularının mikrobiyal raf ömrünün 3 kGy dozlanan ürünlere kıyasla daha yüksek bir profil çizdiği görülmektedir. 5 kGy dozlanan üzüm sularının TMAB sayıları, depolamanın başlangıcında tamamen inhibe edilmiş ve depolamanın ilk 5 gününde mikrobiyal kalitesini aynı oranda korumuştur. Bir haftalık periyot sonunda ise bir miktar mezofilik bakteri varlığına rastlanmış ancak artan titrasyon asitliğinin, söz konusu gelişimin baskılanmasına yol açtığı düşünülmüştür. İki haftalık depolama periyodu değerlendirildiğinde ise, 5 kGy dozda ışınlanan üzüm sularının depolama boyunca TMAB yüklerinde istatistiksel açıdan önemli bir fark belirlenmemiştir. Kiraz domateslerde yapılan bir çalışmada, bulgularımızı destekler nitelikte sonuçlar elde edilmiş, 5.7 kGy dozda TMAB sayısının aynı süredeki depolama boyunca sabit kaldığı görülmüştür (Guerreiro ve ark. 2016). Meyve sularının kompozisyonu, ışınlama gibi ısı olmayan işlemlerde, ışınlamanın mikrobiyal yük üzerine etkisinde, aynı dozlar ve şartlar uygulansa dahi farklı sonuçlar elde edilmesine yol açmaktadır. Şöyleki aynı şartlarda ve aynı dozlarda gamma ışınlama işlemi uygulanan iki farklı meyve suyu örneğinden melek otu sularında, TMAB yükü, ışınlanan örneklerin depolama aşamasında yavaş bir artışa sebep olurken, aynı şartlar ve dozlarda işlem uygulanan karalahana suyu örneklerinde ise depolama boyunca daha hızlı bir artış gözlemlendiği rapor edilmiştir (Jo ve ark. 2012). Çalışmada, 5 kGy doz uygulanan karalahana suyunda sonuçlarımızla paralel şekilde TMAB yükü neredeyse sabit kalmıştır (Jo ve ark. 2012). Yapılan bir diğer çalışmada, 3-5 kGy doz aralığındaki ışınlama sonrası karalahana sularında mikrobiyal gelişimin 10 °C'de 3 gün depolama süresince çok düşük miktarlarda arttığı (Kim ve ark. 2007) ve bu yönüyle çalışmamızla benzer özellik gösterdiği saptanmıştır. Alighourchi ve ark. (2008), 2 kGy'e kadar değişen farklı dozlarda ışınlama yaptıkları nar sularının

mikrobiyal değişimlerini belirlemek amacıyla meyve sularını 4 °C’de depolamışlar ve ışınlanan örneklerdeki TMAB yükündeki artış hızının işlem uygulanmayan örneklerdekine kıyasla depolamanın ilk 3 günü azaldığını vurgulamışlardır. Çalışmamızda söz konusu bulgulardan farklı şekilde 3 kGy dozda ışınlanan ürünlerde 3. güne kadar TMAB yükünde azalma olmuş bu gün itibariyle depolamanın son gününe kadar bir artış gözlenmiştir. 5 kGy dozda ise 5. güne kadar mikrobiyal gelişim gözlenmemiş bu günden itibaren çok düşük miktarda bir artış saptanmıştır. Söz konusu çalışmada, nar sularına uygulanan en yüksek gamma ışın dozunun 2 kGy olarak seçilmiş olması, mikrobiyal yükte depolama boyunca oluşan farklılığın kaynağı olarak gösterilebilir. Bununla birlikte çalışılan meyve suyunda elde edilen mikroorganizma inaktivasyonundaki farklılığın, meyve suyunun kompozisyonundan kaynaklanan farklılıklardan ileri geldiği belirtilmiştir (Alighourchi ve ark. 2008). Şöyleki nar suyunda 2 kGy dozda mikroorganizmanın tamamı inaktive olmuşken çalışmamızda üzüm sularında bu başarı 3 kGy dozda sağlanmıştır. Bununla birlikte ışınlama uygulanan meyve sularında mikrobiyal yükte elde edilen sonuçlar arasındaki farklılıklar, mikroorganizmaların radyasyona olan dayanıklılık farklılıklarından da etkilenebilmektedir (Buchanan ve ark. 1998). Çalışmamızda, 3 kGy dozda elde ettiğimiz sonuçlara benzer şekilde, ışınlanan nar sularında (2 kGy doz) sıfırlanan mikroorganizma sayısı göz önünde bulundurularak ışınlamanın nar sularının mikrobiyal raf ömrünü uzattığı vurgulanmıştır. Bununla birlikte nar sularında, 3. depolama günü sonrasında mikroorganizma gelişimi başlamış çalışmamızda ise olasılıkla dozun daha yüksek olması nedeniyle benzer artış 5. depolama gününde başlamıştır. Farklı dozlarda ışınlanan taze sıkılmış havuç sularında, 5 kGy dozda çalışmamıza benzer şekilde işlem uygulanmayan kontrol grubuna kıyasla % 99 ve daha fazla sanitasyon sağlandığı rapor edilmiştir (Jo ve Lee 2012). 5 kGy doz uygulanan üzüm sularında elde edilen verilere paralel şekilde havuç sularında, mikrobiyal populasyonun radyasyona maruz kalan örneklerde sınırlı miktarda geliştiği rapor edilmiştir. Bununla birlikte çalışmada, depolama boyunca gamma radyasyon uygulamasının UV uygulamasına kıyasla daha az mikrobiyal gelişime sahne olduğu vurgulanmıştır.

UV ışınlama işlemi ile dayanıklı hale getirilmesi hedeflenen meyve suları ile yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde, depolama boyunca çalışmamızdaki bulgulara benzer şekilde mikrobiyal yükte dramatik düşüşler elde edildiği görülmüştür. Literatür çalışmaları ışığında incelenen depolama denemelerinde saptanan ve düşük depo sıcaklığı nedeniyle soğuk zararına uğrayan mezofil bakterilerden kaynaklandığı belirtilen ani düşüşler (Tran ve Farid

2004), çalışmamızda, uygulanan en yüksek iki dozda (1598 ve 441 mJ cm⁻²) 3. depolama günü, en düşük dozda (239 mJ cm⁻²) ise 1. depolama gününde gerçekleşmiştir.

UV ışınlama sonrası üzüm sularının depolama boyunca TMAB yükünde meydana gelen değişim Çizelge 4.18'de görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde, UV ışınlanan örneklerin depolama periyodu boyunca en yüksek dozda işlem gören üzüm sularında TMAB sayısında 14 gün sonunda azalma saptanmış bununla birlikte diğer iki dozda ise bakteri yükünde artış gözlenmiş ancak bu artış 0.5 log kob/ml değerini aşmamıştır. Araştırma bulgularımızı destekler şekilde, ısı işlem gören ananas suyunda (Chia ve ark. 2012) ve elma ciderinde (Tandon ve ark. 2003) yapılan çalışmalar, toplam aerobik bakteri sayısının UV ışınlananlara göre depolama süresince çok düşük sayıda veya sıfır mikroorganizma barındırdığını göstermiştir. UV ışınlama uygulanan üzüm sularında ise en yüksek dozda ışınlanan örnekler dışında depolama boyunca toplam mezofilik aerobik bakteri sayısından artış gözlenmiş ve depolama süresince meydana gelen artış eğilimi Tandon ve ark. (2003)'te elma ciderinde depolama boyunca elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermiştir.

UV ışınlama işleminde uygulanan en yüksek doz olan 1598 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularının depolama aşamasında TMAB sayısı incelenmiş ve depolamanın 3. gününe kadar TMAB sayısında artış gözlenmiş, bu günden itibaren gerilemeye başlayan TMAB sayısı, 14. günün sonunda en düşük seviyesine ulaşmıştır. Başlangıçta artan ancak sonrasında yeniden azalma eğilimine giren TMAB sayısında meydana gelen 0.39 log kob/ml lik azalma, diğer bir deyişle depolamanın bakteriyel yükteki değişime etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$).

441 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularının depolama süresince TMAB sayılarındaki değişim incelendiğinde, depolamanın ilk gününde TMAB sayısında önemli bir artış saptanmış ($p < 0.05$), 3. güne kadar devam eden söz konusu artışın, 1598 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularında elde edilen sonuçlara benzer şekilde 3. günden sonra gerilemeye başladığı gözlenmiştir. Işınlanan örneklerin depolama boyunca bakteriyel yükünde meydana gelen değişim genel olarak incelendiğinde ise, 3. güne kadar artış gösteren sonrasında ise azalma eğilimine giren bakteriyel yük, 14 günlük depolama periyodunu 0,23 log kob/ml lik bir artışla sonlandırmış ve bu artış istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$).

239 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularının depolama süresince TMAB sayısında meydana gelen değişimler incelendiğinde, depolamanın ilk gününde istatistik açıdan önemli bir artış gözlenmiş (p<0.05) ve 3. depolama gününde önemli bir şekilde azalmıştır (p<0.05). Bu günden itibaren 14. günün sonuna kadar bakteriyel yükte artış gözlenmiştir. Tüm bu değişimler istatistik olarak değerlendirildiğinde ise, 3, 5, 7. ve 14. günlerde meydana gelen değişimlerin kendi aralarında farkı önemsiz bulunmuş (p≥0.05) ancak 7 ve 14 günlük depolama sonrasında, artan TMAB sayısındaki değişimler, her iki depolama periyodu içinde başlangıca göre istatistik açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). Başka bir deyişle, depolama periyodunun hem 7 günlük hem de iki haftalık bölümlerinde elde edilen değişimler irdelendiğinde, TMAB sayısı üzerine önemli bir etkisi olduğu belirlenmiştir.

Farklı dozlarda uygulanan UV ışınlama sonrasında modifiye atmosferde 5 °C'de 15 gün boyunca depolanan nar tanelerindeki mikrobiyal değişimlerin incelendiği çalışmada, 3 ile 10. günler arasında, benzer başlangıç psikrotrof yüklerine sahip kontrol grubu ve UV ışınlama uygulanan örneklerden, UV-C ışınlanmış örneklerin kontrole göre 1 log daha yüksek mikrobiyal yüke sahip olduğu buna karşın tüm örneklerin (kontrol dahil) depolama sonucunda benzer mikrobiyal yüklere ulaştığı ve depolamanın tüm dozlar için kontrolden farkının istatistik açıdan önemli olmadığı (p<0.05) rapor edilmiştir (Lopez-Rubira ve ark. 2005). Nar meyvesi ile yapılan çalışma verilerine benzer şekilde, yukarıda irdelendiği şekilde 1598 mJ cm⁻² ve 441 mJ cm⁻² UV dozlarında ışınlanan üzüm sularının, başlangıç mikrobiyal yükleri ile kıyaslandığında depolamanın mikrobiyal yüke etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur (p≥0.05). Depolama süresince ışınlanan üzüm sularının bakteriyel yüklerinde meydana gelen değişimden farklı şekilde, UV ışınlanan dilimlenmiş kavun örneklerinin 10 °C'de 6 gün depolandığı bir çalışmada, toplam mezofilik aerobik bakteri yükü, başlangıçta saptanmamışken depolamanın 3. gününde iki misli, depolamanın 6. gününde ise başlangıca göre dört misli artış göstermiştir (Lamikanra ve ark. 2005). Portakal sularına uygulanan farklı dozlardaki UV işlemi sonrasında hem 4 °C'de hem de 10 °C'de yaklaşık iki haftalık periyotta depolanan örneklerde toplam aerobik bakteri sayısının depolama boyunca kontrol örneklerine kıyasla daha yavaş bir artış sergilediği kontrol örneklerinin ise bakteriyel yükünün hızla yükseldiği belirtilmiştir (Uysal-Pala ve Kırca Toklucu 2013). Kavun suyuna uygulanan UV işlemi sonrasında depolamaya alınan örneklerin mikrobiyal yüklerindeki artış incelendiğinde, en yüksek dozda (37.5 J/ml) ışınlanan örneklerin bakteriyel yüklerinde yeniden gelişim hızının en düşük dozda (2.7 J/ml) işlem gören örneklere kıyasla daha düşük olduğu rapor edilmiştir. Çalışmaya paralel şekilde, en yüksek dozda işlem gören üzüm

sularında diğerk dozlardaki bakteriyel yük davranışının aksine depolama periyodunun sonunda azalma saptanmıştır. Buna ek olarak çalışmada, en yüksek dozda işlem gören kavun sularının raf ömrü 5 °C'deki depolama şartlarında 31 gün olarak belirtilmiştir (Feng ve ark. 2013). Müller ve ark. (2014), üzüm ve elma sularına uyguladıkları UV ışınlama işlemi sonrasında meyve sularını 4 °C'de depolamaya almışlar ve mikrobiyal yükün depolama boyunca değişimini incelemişlerdir. Elma sularında işlem uygulanmayan örnekte 15 günde 7 log un üzerine çıkan TMAB sayısının, UV uygulanmış örnekte 18. gün sonunda bu değere ulaştığını rapor etmişlerdir. Hiçbir işlem uygulanmadan depolamaya alınan ananas suyu örneklerinde mikrobiyal yük limiti 1-2 hafta içerisinde aşılmışken, UV ışınlama işlemi uygulanan meyve sularında raf ömrünün sonuna 8. haftada ulaşılmıştır (Chia ve ark. 2012).

4.6.2. Depolama Süresince Küf-Maya Sayısındaki Değişim

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışına maruz kalan üzüm sularının depolama boyunca küf-maya sayısındaki değişimler Çizelge 4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Depolama boyunca üzüm sularının küf-maya sayısı (log kob/ml)

İşlem		Küf-Maya Sayısı (log kob/ml)					
		Depolama Süresi (gün)					
		0	1	3	5	7	14
Kontrol		1.86±0.12 ^a	2.40±0.08 ^b	2.33±0.23 ^b	2.76±0.14 ^c	2.59±0.06 ^{bc}	3.21±0.16 ^d
Pastörizasyon		0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
Y	3 kGy	1.00±0.13 ^a	0.32±0.08 ^b	0.30±0.09 ^b	0.50±0.11 ^c	0.40±0.1 ^{bc}	0 ^d
	5 kGy	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
UV	1598 mJcm ⁻²	3.87±0.08 ^a	2.63±0.01 ^b	2.13±0.14 ^c	1.69±0.09 ^d	1.62±0.07 ^d	1.69±0.09 ^d
	441 mJcm ⁻²	2.58±0.11 ^a	3.11±0.14 ^b	3.26±0.16 ^b	2.69±0.09 ^a	2.63±0.13 ^a	2.64±0.17 ^a
	239 mJcm ⁻²	1.91±0.09 ^a	2.27±0.19 ^b	2.80±0.3 ^c	1.16±0.07 ^d	1.46±0.06 ^e	2.54±0.14 ^{bc}

Aynı satırda bulunan harfler, işlem sonrası depolama süresinin istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi içerisinde kıyaslanmaktadır (p<0.05).

Çizelge.4.19 incelendiğinde, fungal yükün saptanmadığı pastörizasyon işlemi ile 441 mJ cm⁻² UV dozunda muamele edilen örnekler dışında, üzüm sularının küf maya sayısının, başlangıca kıyasla depolama periyodu boyunca istatistik açıdan önemli (p<0.05) bir değişim gösterdiği saptanmıştır. UV işleminde uygulanan en yüksek ve en düşük dozlarda elde edilenler dışında, kontrol grubu da dahil olmak üzere üzüm sularının 1 ve 3. depolama günlerinin fungal yük üzerine etkisi arasında fark bulunmamıştır (p≥0.05).

Hiçbir işlem uygulanmamış üzüm sularında depolama süresince artan fungal yük, iki haftalık depolama sonrasında en yüksek değerine ulaşmıştır. 1, 5 ve 14. günlerde elde edilen ve istatistik açıdan önemli bulunan artışlar literatür verileriyle de bağdaşmaktadır. Kesilmiş kavun örneklerinin hiçbir işlem uygulanmadan 10 °C’de depolamaya alınan kısmında, 6 günlük depolama süresince maya küf sayısı yaklaşık 3 log kob/g artış göstermiştir (Lamikanra ve ark. 2005). Araştırma bulgularımıza benzer şekilde, birçok farklı meyvede fungal yükün araştırıldığı çalışmada, başlangıçtaki yükleri belirlenen meyveler, 10 °C’nin altında 28 günlük depolamaya alınmış ve depolama süresince fungal yükün arttığı saptanmıştır (Aziz ve Moussa 2002). İşlem uygulanmadan soğukta depolanan farklı meyvelerde fungal yük 6 log kob/g değerlerine kadar yükselmiştir. İşlem uygulanmadan 5 °C’de depolamaya alınan kavun suyu örneklerinde, kabul edilebilir limit olan 6 log kob/ml mikrobiyal yük sınırı henüz 14. günde aşılmış ve 37 günlük depolama sonrasında yaklaşık 10 log kob/ml fungal yük miktarına ulaşmıştır (Feng ve ark. 2013). İşlem uygulanmadan depolamaya alınan üzüm suyu örneklerinde buzdolabı koşullarında 18 günlük periyot sonrasında fungal yükün 7 log kob/ml değerine ulaştığı rapor edilmiştir (Müller ve ark. 2014).

Pastörizasyon işleminde, ısı uygulaması sonrasında küf-maya yükü inhibe edilmiş ve depolama süresince de herhangi bir gelişim saptanmamıştır (Çizelge 4.19). Çalışmamıza paralel şekilde, ısıl işlem görmüş ananas sularının 4 °C’de 13 hafta boyunca depolandığı çalışmada, pastörize edilen meyve sularının ilk 7 haftalık depolama periyodunda fungal yüke rastlanmamıştır (Chia ve ark. 2012). Elma ve turnayemişi sularının mikrobiyal yükünün depolama boyunca değişiminin incelendiği bir diğer çalışmada ise, benzer şekilde, soğukta depolanan üründe, maya-küf sayılarında 14 günlük depolama süresince bir gelişim gözlenmediği rapor edilmiştir (Palgan ve ark. 2011).

3 kGy gamma radyasyon dozunda ışınlanan üzüm sularının, buzdolabı koşullarında 14 günlük depolama süresince maya küf sayılarındaki değişim (Çizelge 4.19) incelenmiş ve

ışınlama sonrası depolanan örneklerde mikrobiyal yükün azalma eğiliminde olduğu saptanmıştır. 1 günlük depolama sonrası meydana gelen azalmanın istatistik açıdan önemli olduğu ($p < 0.05$), 3. günde azalmanın devam ettiği ($p \geq 0.05$), 5. depolama gününde ise fungal yükün istatistik açıdan önemli şekilde ($p < 0.05$) artış gösterdiği, bu günden itibaren yeniden azalma eğilimine girdiği görülmüştür. 14 günlük depolama periyoduna genel olarak bakıldığında ise, başlangıçta 1 log kob/ml olan fungal yükün depolamanın sonunda inaktif hale geldiği görülmüştür. Maya küf sayısının depolama süresince artan asitlik nedeniyle 14. günde tamamen inhibe olduğu düşünülmektedir.

5 kGy ışınlanmış üzüm sularının 14 günlük depolama boyunca maya küf sayılarındaki değişim incelenmiş (Çizelge 4.19), depolama süresince pastörize edilen üzüm sularında elde edilen verilerle benzer şekilde inhibe olan fungal yükte herhangi bir gelişim saptanmamıştır.

Literatürde, gamma radyasyon uygulanan farklı gıdaların, depolama süresince fungal yüklerinde meydana gelen değişimlerin incelendiği birçok çalışmaya rastlanmıştır. Arjeh ve ark. (2015)'nin yaptıkları çalışmada elde edilen veriler, ışınlanan üzüm sularının depolama periyodunda elde ettiğimiz bulguları destekler niteliktedir. Uygulanan 5 farklı radyasyon dozu sonrası, 60 gün boyunca soğukta (4 °C) depolanan vişne sularında, 3 kGy ve üzerindeki gamma radyasyon dozlarının mikrobiyal yükü inhibe etmek için yeterli olduğu rapor edilmiştir. Benzer şekilde çalışmamızda, 3 kGy dozda işlem gören üzüm sularının depolama aşamasında bir miktar fungal yüke rastlanmasına karşın artan dozla birlikte 5 kGy dozda ışınlanan örneklerin raf ömrü denemesi boyunca fungal yükte herhangi bir gelişim gözlenmemiştir. Farklı meyvelerin içerdiği fungal yüklerin incelendiği bir çalışmada, depolama süresince fungal yük miktarı belirlenen gamma radyasyon uygulanmış örneklerin, 14 günlük periyotta fungal yüklerinde artış gözlenmiş ikinci 14 günlük periyot sonrasında ise fungal yükün azaldığı rapor edilmiştir. Fungal yükün kontrol (işlem uygulanmamış) örneklerinde 6 log kob/g gibi yüksek değerlere ulaşmasına karşın gamma ışınlanan örneklerde 14 gün sonunda bu değer düşük doz uygulaması için 3 log kob/g, yüksek ışın dozu için ise 2 log kob/g değerine yükselmiş, 28 günlük depolama sonunda bu değer gerileyerek ortalama 2 log kob/g seviyesine ulaşmıştır (Aziz ve Moussa 2002). Çalışmamızla kıyaslandığında, araştırma kapsamında daha olumlu sonuçlar elde edilmiş her iki doz için 14 günlük depolama periyodu sonucu fungal yüke rastlanmamıştır. Gamma radyasyonun mikroorganizmalar üzerindeki inaktivasyon mekanizması halen tam olarak aydınlatılamamıştır (Arjeh ve ark. 2015). Önceki bulgulara dayanarak, gamma radyasyonun mikrobiyal DNA'ya zarar verdiği,

daha az önemli olan başka bir öneriye göre ise proteinleri denatüre ederek ya da su molekülünden üretilen hidroksil radikallerinin DNA zincirindeki bazlardan hidrojen atomunu uzaklaştırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Lado ve Yousef 2002, Arjeh ve ark. 2015).

Farklı dozlarda UV ışınlama sonrasında depolamaya alınan üzüm sularının fungal yüklerinde meydana gelen değişim Çizelge 4.19'da görülmektedir. UV ışınlama işlemindeki tüm dozlar genel olarak değerlendirildiğinde, en yüksek dozda ışınlanan ve sonrasında depolamaya alınan örneklerin içerdiği mikrobiyal yük, 14 gün sonunda azalmış buna karşın daha düşük UV dozlarında yapılan uygulamalarda ise aynı süre sonunda fungal yükte artış saptanmıştır. Bu durumun sebebi olarak, yüksek dozda ışınlanan örneklerin barındırdığı maya-küf yükünün daha fazla hasar alarak düşük depo sıcaklığında etkisiyle kendini onaramaması ve depolama sonunda inhibe olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Her ışın dozu kendi içinde değerlendirildiğinde, 1598 mJ cm⁻² UV dozu uygulanan ve depolamaya alınan üzüm suyu örneklerinde maya küf sayıları incelenmiş (Çizelge 4.19) depolama başlangıcından itibaren fungal yükte 5. güne kadar meydana gelen düşüş istatistik açıdan önemli (p<0.05) bulunmuştur. 5. depolama gününden itibaren 14. güne kadar devam eden depolamanın fungal yüke önemli bir etkisi saptanmamıştır (p≥0.05).

441 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularının depolama süresince maya-küf sayılarındaki değişim incelenmiş (Çizelge 4.19) depolamanın 3. gününe kadar fungal yükte artış saptanmıştır. Söz konusu artış istatistik açıdan önemli bulunmuş (p<0.05), bu günden itibaren fungal yük tekrar azalma eğilimine girmiştir. Meydana gelen azalma depolamanın son gününe kadar devam etmiş ve başlangıca kıyasla 0,06 log kob/ml lik bir artışla 2.64 log kob/ml değerine ulaşmıştır. 14 günlük depolama periyodu sonunda fungal yükün ulaştığı değer, başlangıç yüküyle kıyaslandığında, 441 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularında depolamanın fungal yüke etkisi istatistik açıdan önemli bulunmamıştır (p≥0.05).

239 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularının depolama boyunca maya-küf sayılarındaki değişim incelenmiş (Çizelge 4.19), tüm depolama günlerinin fungal yüke etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). 3. güne kadar depolama süreci fungal yük üzerinde artış yaratmış, maya-küf varlığı en yüksek değerine bu depolama gününde ulaşmıştır. Bunu takip eden iki günde ise maya-küf sayısı bir miktar azalma göstererek başlangıç

değerinin de altına gerilemiştir. Bu günden itibaren fungal yük yeniden artmaya başlayarak 14 gün sonunda başlangıç değerine göre 0.63 log kob/ml'lik bir artış göstermiş ve başlangıç değerine kıyasla istatistik açıdan önemli bir fark ($p<0.05$) ortaya çıkmıştır. İlk ve ikinci 7 günlük depolama periyotları bütün olarak incelendiğinde, hem bir haftalık hem de iki haftalık süreçte yaşanan artış ve azalmalar sonrasında, depolamanın fungal yüke etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

UV ışınlama işlemi ile ilgili literatür verileri incelendiğinde, çok geniş bir ürün grubu üzerinde, farklı koşullarda yapılan çalışmalar göze çarpmaktadır. Bununla birlikte çalışmaların büyük çoğunluğu, denenen koşulların spesifik bir mikroorganizma(lar) ya da mikrobiyal yük üzerine etkisi üzerinde yoğunlaşmış, çalışmaların daha az bir kısmı denenen koşulların raf ömrüne etkisi üzerinde durmuştur.

4 farklı dozda uygulanan UV ışınlama işlemi sonrasında modifiye atmosferde ambalajlanan ve 5 °C'de 15 gün boyunca depolanan nar tanelerinde, uygulanan UV dozlarının depolama süresince nar tanelerinin fungal yükü üzerine istatistik açıdan önemli bir etkisi bulunmamıştır (Lopez-Rubira ve ark. 2005). Söz konusu çalışmadan farklı şekilde, çalışmamızda, yalnızca 441 mJ cm⁻² UV dozunda ışınlanan üzüm sularının fungal yükü üzerine depolamanın etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuş ($p\geq 0.05$) buna karşın diğer dozlarda depolamanın fungal yüke etkisinin istatistik açıdan önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Meyve sularında özellikle buzdolabı koşullarında bozulma yapan mikroorganizmalar genellikle fermentatif mayalar ve küfler olarak gösterilmektedir (Tran ve Farid 2004). UV ışınlanmış üzüm sularında maya-küf varlığı değerlendirildiğinde, en yüksek dozda (1598 mJ cm⁻²) işlem gören meyve sularında depolamanın son gününe kadar maya-küf sayısı gittikçe azalmış, diğer iki dozda ise artış gözlenmiş bununla birlikte depolama süresince tüm dozlar için fungal yük, mikrobiyal raf ömrü için belirtilen sınırlar içerisinde kalmıştır. Benzer şekilde, UV ışınlama uygulanan portakal sularında yapılan depolama denemelerinde, meyve sularının raf ömrünün 2-5 gün uzatıldığı rapor edilmiştir (Tran ve Farid 2004). TMAB sayısı üzerinde elde edilen etkiye benzer şekilde, depolama boyunca ısı işlem gören üzüm suları ısı olmayan işlemlerle muamele edilenlere kıyasla fungal yük açısından stabilite göstermiş ve pastörize ürünlerde depolama boyunca fungal gelişim gözlenmemiştir. Benzer şekilde ananas sularının 13 haftalık depolama periyodu boyunca UV işlem gören örneklerde fungal gelişim gittikçe artmış buna karşın pastörizasyon ile dayanıklı hale getirilen ananas sularında, 7 hafta boyunca fungal gelişim görülmezken sonrasında ise maya-küf sayısı çok

düşük seviyelerde seyretmiştir (Chia ve ark. 2012). Taze sıkılmış kavun suyu örneklerinin UV ışınlama sonrasında depolama aşamasında fungal yükleri incelenmiş, çalışma sonuçlarımıza benzer şekilde, en yüksek dozda UV ışınlanan örneklerin fungal yüklerindeki yeniden gelişim hızının, en düşük dozda işlem uygulanan kavun suyu örneklerinden çok daha yavaş olduğu rapor edilmiştir (Feng ve ark. 2013). Portakal sularına farklı dozlarda uygulanan UV ışınlama işlemi sonrasında hem 4 °C’de hem de 10 °C’de yaklaşık iki haftalık periyotta depolanan örneklerde bozulmanın maya-küf yükünden kaynaklandığı rapor edilmiştir (Uysal-Pala ve Kırca Toklucu 2013). Aynı çalışmada, fungal yükün bakteri yüküne kıyasla depolama boyunca daha yavaş bir artış seyrettiği, 4 °C’de 15 günlük depolama periyodunda fungal yükte meydana gelen 0.98 log artışa karşın bakteriyel yükün aynı periyotta 2.81 log arttığı belirlenmiştir. Işınlama sonrasında 10 °C’de depolanan portakal suyu örneklerinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir (Uysal-Pala ve Kırca Toklucu 2013). Çalışmamızda ise fungal yükte depolama süresince farklılıklar görülmüş, en yüksek doz olan 1598 mJ cm⁻² UV dozunda depolama sonunda fungal yük azalmış, diğer iki dozda işlem gören üzüm sularında ise 0.06 ve 0.53 log luk bir artış olmuştur. Portakal suyu üzerinde yapılan çalışmada, pH, SÇTKM ve fenolik bileşenler gibi etmenlerin, depolama sıcaklığıyla birlikte mikrobiyal yük üzerine etki ettiği de vurgulanmıştır (Uysal-Pala ve Kırca Toklucu 2013). Çalışmamıza üzüm sularının 4 °C’de 14 gün depolanması süresince fungal yük sayısı açısından sınırları aşmamış buna karşın portakal sularında yapılan çalışmada, UV-C işlem görmüş portakal suları kabul edilebilir fungal limite 4 °C ve 10 °C depolamada sırasıyla 9. ve 5. günlerde ulaşmışlardır. Işınlama uygulanan ve uygulanmayan üzüm sularının buzdolabı koşullarında depolandığı çalışmada, depolamanın 18. gününde işlem görmemiş ve UV ışınlanmış örneklerde fungal yük açısından fark 2 log kob/ml olarak rapor edilmiştir (Müller ve ark. 2014). Çilek ve vişnelerin depo çürüklüğünün önlenmesinde farklı dozlarda UV-C ışınlama (0.05-1.5 J/cm²) ve düşük sıcaklıklarda (40-48 °C) ısıtılma işleminin etkinliğinin araştırıldığı çalışmada, işlemler sonrası 10 günlük depolamaya alınan meyveler incelenmiş, 0.05 J/cm² ve daha yüksek dozların çileklerdeki fungal gelişimi istatistik açıdan önemli şekilde (p<0.05) geciktirdiğini rapor etmişlerdir (Marquenie ve ark. 2002). Aynı dozda uygulamanın, vişnelerde ise önemli bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir (p≥0.05). Sözü edilen sonuçlar ışığında, uygulanan dozdan bağımsız olarak örneğin kompozisyonuna göre UV ışığın etkinliğinin değiştiği söylenebilir. Aynı çalışmada düşük ısıtılma işleminin etkinliğide araştırılmış ancak çileklerde yararlı bir etkisi bulunmazken vişne örneklerinde 40-45 °C’de fungal gelişimi geciktirdiği saptanmıştır (Marquenie ve ark. 2002). Turnayemişi ve elma sularından elde edilen karışıma uygulanan ısıtılma olmayan işlemler ve ısıtılma işlem sonrasında depolamaya alınan meyve sularında

pastörize edilen (72 °C, 26 sn) ürünün 35 günden fazla bir raf ömrüne sahip olduğu bununla birlikte vurgulu elektrik alan ile kombine halde uygulanan UV ışınlanmış ürünlerin raf ömrünün 14 gün ile sınırlı kaldığı rapor edilmiştir (Palgan ve ark. 2011). Yapılan çalışma aynı zamanda, işlemlerin *E. coli*'yi *P. fermentans* a kıyasla daha çabuk inhibe ettiğini göstermiştir (Palgan ve ark. 2011). Vişne ve çileklerde aynı parametreler kullanılarak uygulanan ve depolanan örneklerde farklı sonuçlar elde edilmesinin, gıdanın kompozisyonundan kaynaklandığını, turnayemişi ve elma sularıyla yapılan çalışmada ise aynı koşullarda uygulanan işlemlerin farklı sonuçlara neden olması, mikroorganizmaların ışınlamaya karşı dirençlerinin farklılığından kaynaklandığını göstermektedir.

Literatür verileri ışığında, UV ışınlama işleminin özellikle meyveler ve onlardan elde edilen ürünlerin mikrobiyal raf ömrünü arttırdığı birçok çalışmada vurgulanmıştır. Çilek, taze kesilmiş elma, taze kesilmiş kavun, karalahana, havuç, portakal, elma gibi birçok meyve ve sebze sularının mikrobiyal raf ömrünü işlem görmemiş ürünlere kıyasla arttırdığı rapor edilmiştir. Çalışmamızda elde edilen verilerde literatür verilerini destekler nitelikte olup, UV ışınlanmış hiçbir örnek 14 günlük periyotta buzdolabı koşullarında mikrobiyal raf ömrünü doldurmayarak ısıl olmayan işlemin ısıl işleme göre alternatif oluşturduğunu göstermiştir. Sonuçlar incelendiğinde özellikle yüksek dozda uygulanan UV işleminin ürünün raf ömrünü korumada diğer dozlara kıyasla daha başarılı olduğunu söylemek mümkündür.

Sonuç olarak, Türk Gıda Kodeksi'ne göre meyve suları ve nektarlarda kabul edilebilir maksimum mikrobiyal limit fungal yük için 3 log kob/ml olarak belirtilmiştir (Uysal-Pala ve Kırca Toklucu. 2013). 14 günlük depolama periyodunda pastörizasyon işlemi ile ısıl olmayan uygulamalara maruz bırakılan meyve sularında fungal yük 3 log kob/ml değerinin altında kalmış buna karşın işlem uygulanmadan depolamaya alınan (kontrol) örneklerde depolamanın son gününde söz konusu limitin aşıldığı görülmüştür.

4.6.3. Depolama Süresince Antioksidan Aktivitedeki Değişimler

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışına maruz kalan üzüm sularının depolama boyunca DPPH radikalinin % 50'sinin inhibisyonunu sağlayan konsantrasyonu ifade eden EC₅₀ değerlerinde yarattığı değişim Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Depolama boyunca üzüm sularının antioksidan aktivitesi (EC₅₀ değeri)

İşlem		EC ₅₀ değeri, µl üzüm suyu					
		Depolama Süresi (gün)					
		0	1	3	5	7	14
Kontrol		8.21±0.16 ^a	7.71±0.13 ^b	6.38±0.16 ^c	4.53±0.14 ^d	4.12±0.1 ^e	4.66±0.16 ^d
Pastörizasyon		3.18±0.07 ^a	2.46±0.14 ^b	2.59±0.08 ^b	3.79±0.12 ^c	2.47±0.12 ^b	1.37±0.18 ^d
γ	3 kGy	4.24±0.03 ^a	9.28±0.2 ^b	10.19±0.14 ^c	11.24±0.16 ^d	12.37±0.36 ^e	13.74±0.16 ^f
	5 kGy	4.31±0.07 ^a	3.60±0.15 ^b	2.14±0.17 ^c	2.23±0.13 ^c	2.97±0.19 ^d	3.52±0.19 ^b
UV	1598 mJcm ⁻²	3.20±0.17 ^{ab}	3.34±0.20 ^b	3.30±0.17 ^{ab}	2.91±0.34 ^{ac}	2.77±0.17 ^c	2.50±0.19 ^c
	441 mJcm ⁻²	4.20±0.13 ^a	2.57±0.11 ^b	1.99±0.24 ^c	2.56±0.11 ^b	2.42±0.21 ^b	2.90±0.19 ^d
	239 mJcm ⁻²	5.57±0.24 ^a	4.0±0.13 ^b	4.38±0.17 ^b	4.35±0.32 ^b	4.87±0.09 ^c	4.89±0.40 ^c

Aynı satırda bulunan harfler, işlem sonrası depolama süresinin istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi içerisinde kıyaslanmaktadır (p<0.05).

Çizelge.4.20 incelendiğinde, depolama aşamasından önce yapılan antioksidan aktivite analizlerinde, pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışınlama işlemlerinin, üzüm sularının EC₅₀ değerlerinde, kontrol örneğine kıyasla belirli düzeyde azalmaya yol açtığı başka bir deyişle, uygulanan tüm parametre ve işlemlerin üzüm sularının antioksidan aktivitelerinde bir artış sağladığı ve üzüm sularına uygulanan tüm işlemlerin kontrol örneğinden farklı olduğu saptanmıştır (p<0.05).

Antioksidan aktivitenin depolama boyunca değişiminin incelendiği 14 günlük periyotta ise (Çizelge.4.20), işlem bazında antioksidan aktivite değerlerindeki değişimler farklılık göstermiştir. Kontrol örneklerinin depolama boyunca antioksidan aktivitelerindeki değişim incelendiğinde, 7. güne kadar antioksidan aktivitede artış gözlenmiş buna karşın ikinci 7 günlük periyoda girildiğinde antioksidan aktivitede azalma olmuş ve tüm bu değişimler istatistik açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). Depolamanın sonunda antioksidan aktivitede azalma saptanmıştır. Söz konusu değişim her bir periyot için istatistik açıdan önemli bulunmuştur.

Pastörize edilen ve sonrasında depolamaya alınan üzüm sularının antioksidan aktiviteleri değerlendirildiğinde, 1. depolama gününde istatistik açıdan önemli bir aktivite artışı gözlenmiş ($p<0.05$) bu günden itibaren azalma eğilimine giren aktivitede, 3. günde bir önceki güne kıyasla önemli bir fark saptanmamıştır ($p\geq 0.05$). 3. günden sonra azalma devam ederek 5. güne kadar sürmüş ve söz konusu azalma başlangıca göre önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 5. günden sonra ise yeniden artış eğilimi göstermiştir. Bir ve iki haftalık depolama periyotları değerlendirildiğinde ise, pastörizasyon işlemi gören üzüm sularının antioksidan aktivite değerlerine depolamanın etkisi istatistik açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Her iki periyottada antioksidan aktivite değerlerinin başlangıca kıyasla önemli şekilde arttığı saptanmıştır ($p<0.05$).

3 kGy gamma radyasyon ile ışınlama yapılan örneklerde depolama boyunca antioksidan aktivitenin değişimi incelendiğinde (Çizelge 4.20), gamma ışınlanan örneklerde depolamanın ilk gününden itibaren bir azalma eğilimi görülmüş ve söz konusu azalma depolama boyunca devam etmiştir. Herbir depolama gününde aktivitede meydana gelen dramatik azalma, depolamanın ilk gününde tespit edilmiştir. Depolama boyunca her analiz gününde antioksidan aktivitede azalma meydana gelmiş ve söz konusu azalmalar istatistik açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Benzer şekilde 3.2 kGy dozda uygulanan ışınlama işlemi sonrası domateslerin EC_{50} değerleri belirlenmiş, antioksidan aktivitede artış gözlenmiş ancak bu artış istatistik açıdan önemli bulunmamıştır ($p\geq 0.05$) (Guerreiro ve ark. 2016). Yine sonuçlarımıza paralel şekilde, farklı dozlarda (2 ve 3 kGy) ışınlama yapılan kivi örneklerinde, antioksidan aktivitenin giderek azaldığı ve 3 kGy dozdaki azalmanın istatistik açıdan önemli olduğu ($p<0.05$) rapor edilmiştir (Kim ve Yook 2009). Su teresinde farklı dozlarda ışınlanan örneklerin 4 °C'de depolanması sonrasında antioksidan aktivitelerindeki değişimin belirlendiği çalışmada, tüm dozlarda ışınlanan örneklerin EC_{50} değerinin arttığı bir başka deyişle antioksidan aktivitenin azaldığı rapor edilmiştir. Elde edilen azalmalara karşın sonuçlar incelendiğinde, 5 kGy doz uygulanan örneklerin antioksidan aktivitelerinde meydana gelen azalmanın işlem uygulanmamış örnekler ile daha düşük dozlarda işlem uygulanan örneklerde saptanan değerlere kıyasla daha düşük olduğu saptanmıştır (Pinela ve ark. 2016). Benzer şekilde düşük dozda (3 kGy) işlem uygulanan üzüm sularında antioksidan aktivitedeki azalma miktarının fazla olduğu saptanmıştır. Işınlama işlemi sonrasında depolamaya alınan karalahana sularında depolama boyunca antioksidan aktivite miktarının azaldığı rapor edilmiştir (Jo ve ark. 2012).

5 kGy dozda ışınlanmış üzüm sularının depolama boyunca antioksidan aktivitelerindeki değişim incelenmiş ve 3 kGy dozda ışınlanan üzüm sularında depolama süresince antioksidan aktivitede meydana gelen azalmadan farklı olarak 5 kGy dozda ışınlanan örneklerde, depolamanın ilk gününden itibaren 3. güne kadar aktivitenin arttığı belirlenmiştir. Bu gün itibariyle antioksidan aktivite yeniden azalmaya başlamış ve söz konusu azalma depolama periyodunun sonuna kadar devam etmiştir. Antioksidan aktivitede meydana gelen artış ve azalma istatistik açıdan incelendiğinde depolamanın aktivite üzerine etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Literatürde, 5 kGy dozda, 3 kGy dozlama yapılan üzüm sularından farklı olarak meydana gelen antioksidan aktivite artışının sebebi, artan radyasyon dozu nedeniyle uyarılan serbest radikaller ve reaktif oksijen türlerinin indirgenmesi ile, antioksidan rol oynayan fenolik bileşenlerin hızlı bir oksidasyona maruz kalması ve bunun sonucunda meydana gelen yapısal değişimden kaynaklandığı şeklinde açıklanmıştır (Guerreiro ve ark. 2016). Uygulanan yüksek ışın dozunda antioksidan aktivitenin artmasının bir başka sebebi olarakta, ışınlamanın Maillard reaksiyonu ürünlerinin oluşumuna neden olması olarak öngörülmektedir (Chawla ve ark. 2007). Şöyleki, Maillard reaksiyonu ürünleri, hidroksil ve süperoksit anyon radikalini sırasıyla % 33 ve % 58 oranında yakalama kabiliyetine sahip olmaları nedeniyle meydana gelen epikateşin-şeker reaksiyonu sonucu antioksidan varlığını yükseltmiş olmaları olarak açıklanmıştır (Chawla ve ark. 2007, Lee ve ark. 2009). Bununla birlikte depolama süresince sentezlenen fenolik bileşik miktarında antioksidan aktivitede artışa sebep olduğu rapor edilmiştir (Fan ve ark. 2005). 60 gün boyunca soğukta depolanan ışınlanmış vişne suyu örneklerinde antioksidan aktivitenin depolama süresine göre farklılık gösterdiği ve bu süreye bağlı olarak antioksidan aktivitede % 21-28 arasında azalma olduğu belirtilmiştir (Arjeh ve ark. 2015). Üzüm sularının depolama periyodu boyunca antioksidan aktivite değerlerinde meydana gelen azalma eğilimi, literatür verileriyle benzerlik göstermiştir. Vişne sularında yapılan söz konusu çalışmada antosiyanin miktarı ve antioksidan aktivite arasında bir korelasyon saptanmış, benzer korelasyon vişnelerde yapılan bir çalışmada da karşımıza çıkmıştır (Serra ve ark. 2011). Çalışmada, antosiyaninlerin, antioksidan aktiviteye katkı sağlayan en önemli bileşenler olduğu da vurgulanmıştır. Taze kesilmiş marullara uygulanan 0.097 kGy/dk dozdaki radyasyonun antioksidan aktivite, fenolik bileşenler ve görsel kalite üzerine etkisinin incelendiği başka bir çalışmada, kontrole göre radyasyon uygulanan örneklerde önemli bir değişim gözlenmemiştir ($p \geq 0.05$). Depolamaya alınan marul örneklerinde ise, 4. günde antioksidan kapasitede % 13 ile 22 arasında artış gözlemlendiği belirtilmiştir (Fan ve ark. 2005). Antioksidan aktivitedeki bu artışın depolama süresince sentezlenen fenolik bileşiklerden kaynaklandığı rapor edilmiştir.

Farklı dozlarda UV ışın uygulanan üzüm suyu örneklerinin depolama boyunca EC₅₀ değerinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.20'de verilmiştir.

1598 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularının depolama boyunca antioksidan aktivitelerindeki değişim incelendiğinde, depolamanın ilk gününde aktivitede bir miktar azalma gözlenmiş sonraki günlerde ise antioksidan aktivite depolama sonuna kadar artış göstermiştir. Depolamanın antioksidan aktiviteye ilk önemli etkisi 7. depolama gününde tespit edilmiş (p<0.05) ikinci 7 günlük periyotta ise, ilk 7 günlük periyota kıyasla istatistik açıdan önemli bir farklılık saptanmamıştır (p≥0.05). Başlangıç gününden bağımsız olarak depolama günlerinin antioksidan aktivite üzerine etkileri kendi aralarında kıyaslandığında ise, 1 ve 3. günlerin birbirleri arasında ve yine 5, 7 ve 14. günlerin birbirleri arasında, antioksidan aktivite üzerine etkileri açısından farklılık bulunmamıştır (p≥0.05).

441 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularının depolama süresince antioksidan aktivitelerindeki değişim incelenmiş, depolamanın ilk ve 3. günlerinde antioksidan aktivitede önemli bir artış gözlenmiştir (p<0.05). Sonraki günlerde ise yeniden azalma eğilimine girmiştir. 5. ve 7. günlerin antioksidan aktivite üzerine etkileri arasında fark bulunmamıştır (p≥0.05). 14 günlük depolama periyodu genel olarak değerlendirildiğinde EC₅₀ değerinin başlangıç değerine kıyasla yaklaşık % 31 azaldığı bir başka deyişle 14 günlük depolama periyodu sonunda antioksidan aktivitede önemli bir artış gözlemlendiği saptanmıştır (p<0.05).

239 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularında depolamanın antioksidan aktivite üzerine etkisi incelenmiş ve ilk depolama gününün antioksidan aktivite üzerine önemli bir etkisi olduğu saptanmıştır (p<0.05). Belirtilen dozda (239 mJ cm⁻²) depolama süresince, yalnızca ilk günde aktivitede artış meydana gelmiş bu gün sonrasında üzüm sularının antioksidan aktivitesi azalma eğilimine girmiştir. Buna ek olarak başlangıç değerine kıyasla EC₅₀ değerinde % 12'lik bir düşüş saptanmıştır. Bir ve iki haftalık depolama periyotlarının antioksidan aktivite üzerine etkileri arasında istatistik açıdan bir fark saptanmamıştır (p≥0.05).

Farklı dozlarda UV ışın uygulanan tüm üzüm suyu örneklerinde elde edilen antioksidan aktivite artışları kendi aralarında değerlendirildiğinde, en yüksek artışın yaklaşık % 31 değerleriyle 1598 mJ cm⁻² ve 441 mJ cm⁻² dozlarında olduğu buna karşın 239 mJ cm⁻² ışın dozunda meydana gelen artışın % 12 ile sınırlı kaldığı görülmektedir. UV ışınlanan

örneklerin depolama periyodu boyunca, antioksidan aktivitesinin az ya da çok arttığı saptanmıştır. Gamma ışınlanmanın antioksidan aktiviteye etkisinden söz edilirken vurgulandığı üzere, gamma radyasyon uygulanan örneklerde dozun artmasıyla birlikte antioksidan aktivitede meydana gelen artış, UV ışınlanan ürünlerin depolama aşamasında da ortaya çıkmış, dozun artmasıyla birlikte aktivitedeki artış miktarında yükselmiştir. Çalışmamızdan farklı şekilde Lopez-Rubira ve ark. (2005), nar tanelerinde UV ışınlanmanın depolama boyunca antioksidan aktiviteye etkisini inceledikleri çalışmalarında, uyguladıkları farklı dozların antioksidan aktiviteye etkisinin istatistik açıdan önemli olmadığını rapor etmişlerdir ($p \geq 0.05$). Mavi ışık ve UV-C ışınlanmanın tek başına ve kombine halde uygulandığında, habareno biberlerinin biyoaktif bileşen ve antioksidan aktivitesinde meydana getirdiği değişimin incelendiği çalışmada, üzüm suyunda elde edilen sonuçlara paralel şekilde, her iki ışınında biberlerin biyoaktif bileşenlerini ve dolayısıyla antioksidan aktivitelerini uyararak arttırdığı rapor edilmiştir (Perez-Ambrocio ve ark. 2017). Bununla birlikte ışınlama sonrası kapalı ambalajlarda, 4-5 °C'de 35 gün boyunca depolamaya alınan örneklerde, hem mavi hem de UV-C ışına maruz bırakılan biberlerin depolama boyunca antioksidan aktivitesinde artış gözlenmiş bununla birlikte, mavi ışıkla muamele edildikten sonra, 30 saniye boyunca UV-C ışınlanan biberlerin depolama boyunca diğer örneklere kıyasla daha yüksek biyoaktif bileşen içeriği ve antioksidan kapasiteye sahip olduğu belirlenmiştir (Perez-Ambrocio ve ark. 2017). UV-C ışınla muamele edilen kırmızı biberlerin antioksidan bileşenlerine ışınlanmanın etkisinin incelendiği diğer bir çalışmada, sonuçlarımıza benzer şekilde, ışınlanan kırmızı biber örneklerinde 0 °C'de 14 ve 21 günlük depolama periyotları boyunca, flavonoidler, karotenoidler ve antioksidan kapasitede artış gözlenmiştir (Andrade-Cuvi ve ark. 2011). Sonuçlar incelendiğinde, ışınlanan örneklerde soğuk hasarının görülmeye başladığı depolamanın erken evrelerinde, biberlerin antioksidan aktivitesinde belirgin bir artış görülmemesine karşın bozulmaların bariz şekilde kendini gösterdiği depolamanın son safhalarında antioksidan aktivite miktarının belirgin şekilde arttığı vurgulanmıştır. Beyaz diken olarakta bilinen alıç bitkisine uygulanan mavi ve UV-C ışınlama işlemlerinin, bitkinin antioksidan bileşenlerine etkisinin incelendiği çalışmada, UV-C ışınlanan örneklerde % 16 lık antioksidan aktivite artışı olduğu, depolamanın ilk günlerinde antioksidan aktivitede meydana gelen düşüşe rağmen depolama boyunca antioksidan kapasitenin arttığı rapor edilmiştir (Avila-Sosa ve ark. 2017). Söz konusu artış, literatürdeki benzer çalışmalarda da belirtildiği gibi, radyasyonun meyvelerde oluşturduğu abiyotik stres faktörüyle ilişkilendirilmiştir. UV-C ışının farklı enzimlerin aktivitelerini ve bu sayede biyoaktif bileşenlerin sentezini uyarılmış olabileceği vurgulanmıştır. Bununla birlikte, sebze ve meyvelerin abiyotik stres koşullarına

maruz kalması, reaktif oksijen bileşenlerinin üretimini artırması ve stres çok yüksekse, meyvelerin antioksidan bileşenleri, oluşan reaktif oksijen bileşenlerine cevap olarak kullanabildiği belirtilmiştir (Gill ve Tuteja 2010, Avila-Sosa ve ark. 2017). Aynı çalışmada meyvenin antioksidan karakterine katkısı olan başka bir bileşik olarak tanımlanan C vitamininde de artış saptanmış ve ışınlamanın vitamin sentezini uyararak antioksidan aktiviteye katkı yapmış olabileceği vurgulanmıştır. C vitamininde meydana gelen ve antioksidan aktiviteye katkı sağlayan bu durum, depolama öncesi UV-C ışına maruz bırakılan elmaların, 30 günlük depolama sonrasında askorbik asit miktarlarının incelendiği bir çalışmada da saptanmış, kontrol örneklerine kıyasla ışınlanan örneklerde depolama boyunca gözlenen C vitamini miktarının daha yüksek olduğu saptanmıştır (Lu ve ark. 1991). Alıç meyvesiyle yapılan çalışmada (Avila-Sosa ve ark. 2017) yalnızca C vitamini değil bununla birlikte, renk maddelerinin sentezindeki artışında, söz konusu renk bileşenlerinden bir kısmının antioksidan aktiviteye sahip olması nedeniyle antioksidan aktiviteye katkı sağladığı şeklinde değerlendirilmiştir. Işınlama sonucu bitkinin savunma mekanizmasının harekete geçerek biyoaktif bileşenlerin sentezini uyarmasının yanı sıra, ışının DNA ve RNA ile morfojenik, psikolojik ve biyokimyasal değişikliklerle bağlantılı olan proteinlere etki etmesi, bu proteinlerden biri olan kriptokromları tetikleyici bir etki yaparak depolama süresince flavonoidlerin sentezini arttırıcı yönde etkiye de neden olabileceği belirtilmektedir (Giliberto ve ark. 2005, Avila-Sosa ve ark. 2017).

UV ışınlama işleminin, bir yüzey ve su dezenfeksiyon yöntemi olarak görülmesi ve halihazırda bazı meyve suları için pastörizasyon yöntemi olarak uygulanmaya başlanması her ne kadar mikrobiyal raf ömrünü arttırmaya yönelik çalışmalar gibi görünse de özellikle son zamanlarda yapılan çalışmalar, ışının özellikle bitki ve türevlerinde abiyotik stres faktörü olarak davranarak bünyede sekonder metabolitlerin sentezini uyardığı üzerinde durmaktadır (Alothman ve ark. 2009). Çilek, yabanmersini, üzüm, papaya, elma, havuç, domates, brokoli, ıspanak gibi farklı meyve ve sebzelere yapılan UV (UV-A, UV-B ve UV-C) ışınlama uygulamaları neticesinde, söz konusu yargıları destekler nitelikte sonuçlar elde edilmiş, ışınlamadan kaynaklanan antioksidatif savunma sistemindeki değişim sonucu, biyoaktif bileşenler ve/veya antioksidan enzimlerde artış saptanmıştır (Barka ve ark. 2000, Erkan ve ark. 2008, Avila-Sosa ve ark. 2016).

Sonuç olarak, literatür çalışmaları açıkça göstermektedirki, radyasyon uygulamaları sonucu bitkide antioksidan maddeler ve dolayısıyla antioksidan aktivitede artış ya da

azalmalar görülebilmektedir. Işınlamada, uygulanan doz (düşük ve orta düzeydeki dozların genellikle antioksidan aktiviteye etkisi önemsizdir), bir izoflavon olan genistein gibi antioksidan maddeler ya da fitokimyasalların radyasyona olan duyarlılıkları ve radyasyonun fitokimyasallar/antioksidanların birikiminden ya da üretiminden sorumlu gıda bileşenlerine etkisi gibi faktörler, konsantrasyonun artışında etkili parametrelerdir (Zobel 1997, Alothman ve ark. 2009). Özellikle ışınlamanın bitki ve bileşenleri üzerinde yarattığı stres, bitkisel ürünlerin bünyesinde antioksidan aktivite sentezini arttırıcı etkide bulunmaktadır (Cao ve ark. 2009). Üzüm sularında elde edilen sonuçlarda görüldüğü gibi, ürünün maruz bırakıldığı ışın dozu, antioksidanın konsantrasyonunda meydana gelecek değişim üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Literatür verileri incelendiğinde ise açıkça görülmektedirki, bitkilerde bulunan antioksidanların davranışları arasında henüz tam olarak aydınlatılmamış çok büyük sapmalar bulunmaktadır. Söz konusu değişimler, ürün üzerine gönderilen doz miktarının yanı sıra, ürünün ışına maruz kalma süresi ve ürünün kompozisyonu gibi farklı faktörlere bağlı olarak da değişmektedir. Bir üründe meydana gelen antioksidan aktivite artışı, özellikle artan enzim aktivitesi (fenilalanin amonyak-liyaz ve peroksidaz aktivitesi) veya tanin gibi maddelerin yıkıma uğramasıyla fenolik asitler gibi antioksidan maddelerin dokudan ekstrakte edilebilirliğinin artışıyla da ilişkilendirilmektedir (Alothman ve ark. 2009). Özellikle gamma ışınlamanın, polifenollerin kimyasal bağlarını kırarak daha düşük molekül ağırlığına sahip çözünebilir fenoller serbest bıraktığı, böylece antioksidanca zengin fenoliklerin miktarında artışa neden olduğu da belirtilmektedir (Harrison ve Were 2007, Huang ve ark. 2005, Alothman ve ark. 2009). Antioksidan özellik göstermeyen fitik asit gibi maddelerin, ışınlama sonrasında radyolitik bozunmaya maruz kalarak antioksidan ve antiradikal özellik kazanması ve bu durumun gıdanın antioksidan aktivitesinde artışa sebep olduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte ekstraksiyonda kullanılan çözügenler gibi teknolojik kriterlere bağlı olarak dahi aktivite miktarının değiştiği rapor edilmiştir (Khattak ve ark. 2008, Perez ve ark. 2007, Alothman ve ark. 2009).

4.6.4. Depolama Süresince Toplam Fenolik Madde İçeriğindeki (TFM) Değişimler

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışına maruz bırakılan üzüm sularının depolama boyunca toplam fenolik madde içeriğindeki değişimler Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Depolama boyunca üzüm sularının toplam fenolik madde miktarı (mgGAE/L)

İşlem		Toplam Fenolik Madde Miktarı (mgGAE/L)					
		Depolama Süresi (gün)					
		0	1	3	5	7	14
Kontrol		535±12 ^a	433±11.5 ^b	402±10 ^c	398±8.5 ^c	340±14.5 ^d	286±10 ^e
Pastörizasyon		435±8 ^a	422±8 ^a	412±14 ^a	379±11 ^b	377±9 ^b	363±5 ^b
γ	3 kGy	535±0.01 ^a	528±0.01 ^a	473±0.01 ^b	466±0.01 ^b	425±0.01 ^c	418±0.01 ^c
	5 kGy	608±0.01 ^a	584±0.01 ^b	560±0.01 ^c	533±0.01 ^d	480±0.01 ^e	468±0.01 ^e
UV	1598 mJcm ⁻²	514±9 ^a	466±5 ^b	435±7 ^c	340±9,5 ^d	300±2 ^e	212±8 ^f
	441 mJcm ⁻²	522±6.5 ^a	482±9.5 ^b	463±6.5 ^c	450±8.0 ^c	419±8.5 ^d	402±6.0 ^e
	239 mJcm ⁻²	532±7 ^a	505±7 ^b	494±6.5 ^b	478±7.5 ^c	422±10 ^d	357±9.5 ^e

Aynı satırda bulunan harfler, işlem sonrası depolama süresinin istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi içerisinde kıyaslanmaktadır (p<0.05).

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve farklı dozlarda UV-C ışınlama işlemleri uygulanan üzüm suları ile işlem görmemiş üzüm sularının (Kontrol) 14 günlük depolama boyunca toplam fenolik madde miktarlarında (TFMM) meydana gelen değişimler incelenmiş ve kontrol grubu dahil olmak üzere tüm örneklerde depolama boyunca fenolik bileşenlerin miktarında azalma olduğu saptanmıştır.

Kontrol grubu örneklerinde elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, TFMM'nda depolama boyunca başlangıca kıyasla yaklaşık % 46 lık bir azalma meydana gelmiştir. Fenolik madde miktarlarındaki söz konusu azalma istatistik açıdan değerlendirildiğinde ise, tüm depolama günlerinin fenolik madde miktarına etkisi istatistik açıdan önemli (p<0.05) bulunmuştur. Araştırma bulgularımızla benzer şekilde, işlem uygulanmadan depolamaya alınan karalahana ve havuç sularının 3 gün boyunca 10 °C'deki depolama sonrasında fenolik bileşen miktarında istatistik açıdan önemli bir azalma rapor edilmiştir (Song ve ark. 2006). İşlem uygulanmadan depolamaya alınan domates örneklerinde ise, başlangıç fenolik bileşen miktarının 14 günlük soğukta depolama aşamasında bir miktar azaldığı ancak bu azalmanın istatistik açıdan önemli olmadığı (p≥0.05) rapor edilmiştir (Guerreiro ve ark. 2016).

Pastörizasyon işlemi uygulanan üzüm sularında fenolik bileşen miktarı depolama boyunca belirgin değişimler göstermemesine karşın 14 günlük periyotta sürekli azalma eğiliminde olmuş ve başlangıca kıyasla yaklaşık % 16'lık bir azalma meydana gelmiştir. Söz konusu azalma miktarları istatistik açıdan değerlendirildiğinde ise, 5. depolama gününe kadar depolamanın fenolik bileşenler üzerine etkisi istatistik açıdan önemli bulunmamıştır ($p \geq 0.05$). Bir haftalık ve 14 günlük periyotların fenolik bileşen miktarları üzerine etkisi kıyaslandığında ise, her iki depolama süresi, başlangıca kıyasla fenolik bileşen miktarlarında istatistik açıdan fark yaratmış bununla birlikte kendi aralarındaki fark istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$). Başka bir ifadeyle 7 ve 14 günlük depolamanın fenolik bileşenler üzerine etkisi arasında önemli bir fark saptanmamıştır ($p \geq 0.05$). Pastörize edilmiş ananas sularının bazı özelliklerinin UV ışınlanan örneklerle kıyaslandığı bir çalışmada, fenolik bileşen miktarında meydana gelen değişimin, araştırma bulgularımızı destekler nitelikte olduğu saptanmış, bir haftalık depolama periyodunda, fenolik bileşen miktarı hızlı bir şekilde azalmaya başlamış ve söz konusu azalmanın pastörizasyon işleminde 5. haftaya kadar devam ettiği belirtilmiştir (Chia ve ark. 2012). Isıl işlem uygulanan greyfurt sularında da benzer şekilde depolama boyunca TFMM'nda azalma rapor edilmiştir (Igual ve ark. 2011). Flavonoidler, alkaloidler gibi fenolik bileşenlerin yanında farklı antosiyaninlerin bizzat kendileri de dahil olmak üzere, bu bileşenlerin bitkilerde antosiyaninlerle oluşturduğu kopigmentlerin ısı, UV ışın ve depolama gibi faktörlerden ne yönde etkilendiklerinin araştırıldığı bir çalışmada, kuersetin-5-sülfonik asit, morin-5-sülfonik asidin sodyum tuzu, rutin, kuersetin, klorojenik asit, tannik asit ve bitkisel köklerden elde edilen flavonlar, kopigmentler olarak seçilmiş, ısının, kopigmentasyon üzerine olumsuz bir etki yarattığı ve uygulanan ısının artmasıyla kopigment kompleksinin üzerindeki degradasyon etkisinin giderek arttığı belirtilmiştir (Bakowska ve ark. 2003). Depolama sürecinin de kopigmentasyon üzerine olumsuz etkisi olduğu ve fenolik bileşenler üzerindeki bu etki nedeniyle renkte açılmalar meydana geldiği saptanmıştır.

3 kGy dozda gamma ışınlanmış örneklerin toplam fenolik bileşen miktarı incelendiğinde (Çizelge 4.21), ışınlanan ürünlerin fenolik bileşen miktarları depolama süresince azalmış ve 14. günde üzüm sularının başlangıca kıyasla % 22 oranında daha az fenolik bileşen içerdiği saptanmıştır. Depolama süresince depolamanın fenolik bileşenlere ilk önemli etkisi 3. günde saptanmış ($p < 0.05$), bir sonraki önemli değişim ise depolamanın ilk haftası tamamlandığında elde edilmiştir ($p < 0.05$). 3. depolama günü dahil olmak üzere bu günden sonraki tüm değişimler başlangıca kıyasla istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Bir haftalık depolama periyodunun fenolik bileşen miktarına etkisi ile tüm

depolama periyodun etkisi kıyaslandığında ise istatistik açıdan bir farklılık saptanmamıştır ($p \geq 0.05$).

Bir diğer gamma ışın dozu olan 5 kGy dozda ışınlanan ürünlerin 14 günlük depolama boyunca toplam fenolik madde miktarları (TFMM) incelenmiş ve önemli şekilde azaldığı saptanmıştır ($p < 0.05$). 3 kGy dozda ışınlanan üzüm sularına kıyasla azalma bir miktar daha yüksek bulunmuştur. Depolamanın başlamasından itibaren TFMM’nda meydana gelen azalma ilk günden itibaren istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). 3 kGy dozda elde edilen sonuca benzer şekilde, bir haftalık depolama periyodunun fenolik bileşen miktarı üzerine etkisi ile iki haftalık periyodun etkisi arasında istatistik açıdan bir farklılık saptanmamıştır ($p \geq 0.05$). Benzer dozlarda (3.2 kGy ve 5.7 kGy) ışınlanmış ve 14 günlük depolamaya alınmış domates örneklerinde yapılan çalışmada ise örneklerde ilk 7 günlük periyotta azalma saptanmış ve söz konusu azalmanın istatistik açıdan önemli olduğu ($p \geq 0.05$) rapor edilmiştir (Guerreiro ve ark. 2012). Çin lahanalarında farklı dozlarda ışınlanan örneklerin 3 haftalık depolama periyodunda çalışma sonuçlarımıza benzer şekilde fenolik bileşenlerin depolama süresince azaldığı saptanmıştır (Ahn ve ark. 2005). Brezilya fasulyelerinin ışınlama sonrası depolama işleminde de benzer şekilde toplam fenolik bileşen miktarında azalma olduğu belirlenmiştir (Villavicencio ve ark. 2000). Işınlamanın biberiyenin fenolik bileşenlerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, bileşen miktarının, 10-30 kGy ışınlama sonrasında kontrole kıyasla azaldığı bildirilmiştir (Koseki ve ark. 2002). Çalışma sonuçlarımızdan farklı şekilde, ışınlama sonrası 60 gün soğukta depolanan vişne sularında, ışınlamanın depolama boyunca fenolik bileşenler üzerine önemli bir etkisi bulunmamıştır (Arjeh ve ark. 2015). Su teresinde yapılan ışınlama işlemi sonrasında depolamaya alınan örneklerde 7 günlük periyot sonunda fenolik bileşen miktarının arttığı saptamıştır (Pinela ve ark. 2016). Çörek otunun antioksidan ve fenolik bileşenlerinin farklı dozlarda (2-16 kGy) ışınlama sonrası değişiminin incelendiği çalışmada, üzüm sularında elde edilen sonuçlara benzer şekilde, ışınlama sonrasında antioksidan aktivitede artış görülmesine karşın fenolik bileşen miktarında alkol ekstraksiyonu ile elde edilen örneklerde fenolik bileşen miktarı artmışken su ekstraksiyonu ile elde edilen ekstraktlarda ise fenolik bileşen miktarı değişmemiştir (Khattak ve ark. 2008). Solvent ekstraksiyonunda kullanılan çözügenin, ekstrakte edilen fenolik bileşen miktarını önemli şekilde etkilediği, bileşenlerin en fazla metanol, sonra aseton ve en az sudaki ekstrakta bulunduğu belirtilmiştir. Radyasyonun, uygulanan ürünlerdeki fenolik bileşenlere etkisinde oluşan farklılıkların, bitkinin türüne, coğrafik ve çevresel koşullara, örneğin kuru veya yaş olmasına, fenolik bileşen içeriğine, ekstraksiyonda kullanılan çözügene, ekstraksiyon

prosedürüne, sıcaklığa ve gamma radyasyon ışınının şiddeti gibi birçok faktöre göre değiştiği vurgulanmıştır (Khattak ve ark. 2008).

1598 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularının fenolik madde miktarları incelendiğinde (Çizelge 4.21), ışınlama sonrasında depolamaya alınan örneklerin TFMM, depolama süresince azaldığı saptanmıştır. 14 gün sonunda üzüm suları, başlangıçta içerdiği TFMM'nin yarısından fazlasını kaybetmiştir. Söz konusu kayıp, her depolama günü için istatistik açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). Kuersetin-5-sülfonik asit, morin-5-sülfonik asidin sodyum tuzu, rutin, kuersetin, klorojenik asit, tannik asit ve bitkisel köklerden elde edilen flavonların oluşturduğu, antosiyanin-polifenol kopigment kompleksine ısı, UV ışın ve depolamanın etkisinin incelendiği çalışmada, pastörizasyon işleminin etkisi UV ışınlama ile kıyaslandığında, UV işleminin fenolik bileşenlerin rol aldığı kopigmentasyon üzerine degradasyon etkisinin 80 °C'de gerçekleştirilen pastörizasyona kıyasla daha fazla olduğu belirtilmiştir (Bakowska ve ark. 2003). Çalışmamızda da benzer şekilde en yüksek doz olan 1598 mJ cm⁻² UV dozunda ışınlama yapılan üründe fenolik bileşen miktarındaki azalma % 58 ile ısı işlem ve diğer ısı olmayan işlemleri geride bırakarak en yüksek seviyede elde edilmiştir.

441 mJ cm⁻² ve 239 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularının depolama süresince fenolik bileşen miktarındaki değişim incelenmiş (Çizelge 4.21) ve diğer işlemlere benzer şekilde fenolik bileşen miktarları, depolamanın ilk gününden başlayarak başlangıç değerlerine kıyasla önemli şekilde azalmıştır (p<0.05). Azalmalar, başlangıç değerine kıyasla 441 mJ cm⁻² ve 239 mJ cm⁻² UV dozlarında sırasıyla % 23 ve % 33 olarak elde edilmiştir.

Literatür verileri incelendiğinde, depolama süresince fenolik bileşen miktarlarının arttığı ya da ışınlama sonrasında değişmediği çalışmalara rastlanmış ancak literatürdeki verilerin büyük bir kısmı depolama boyunca fenolik bileşen miktarının azaldığını rapor etmişlerdir. Goh ve ark. (2012), ananas sularında hem pastörizasyon hem de UV ışınlama işlemleri sonrası 14 günlük depolama süresince fenolik bileşenlerin miktarında azalma saptamışlardır. Ananas suyunda yapılan bir diğer çalışmada, pastörizasyon ve UV ışınlama işlemi ve kontrol grubu olarak hiçbir işlem uygulanmayan örneklerin 13 haftalık depolama boyunca fenolik bileşen miktarları incelenmiş, depolama periyodu genel olarak değerlendirildiğinde TFMM'nde bir değişim olmamasına karşın hem kontrol hem pastörizasyon hem de UV ışınlama uygulanan örneklerde depolama başlangıcından sonraki

ilk bir haftalık sürede fenolik bileşen miktarı hızlı bir şekilde azalmıştır. Söz konusu azalma pastörizasyon işleminde 5. haftaya kadar devam etmiş, ultraviyole işleminde ise bu süre zarfında sabit kalmıştır (Chia ve ark. 2012). Çalışmadaki veriler, araştırma bulgularımızı destekler nitelikte bulunmuş, kontrol örneklerinin yanı sıra hem pastörizasyon hem de UV ışınlanmış üzüm sularının fenolik bileşen miktarları depolama süresince azalma göstermiştir. Benzer şekilde UV ışınlanmış portakal suyunda 4 aylık depolama boyunca portakal suyunun içerdiği fenolik bileşenlerin miktarında azalma saptanmıştır (Klimczak ve ark. 2007). Yaban mersini meyvesine uygulanan UV ışınlama sonrası yapılan depolama çalışmasında, üzüm sularında elde edilen sonuçlardan farklı şekilde depolama ya da ışınlamanın fenolik bileşenler üzerine etkisi istatistik açıdan önemsiz ($p \geq 0.05$) bulunmuştur (Perkins-Vaize ve ark. 2008). Feng ve ark (2013), UV ışınlama işlemine maruz bırakılan kavun sularında ilk 3 gün artan fenolik bileşen değerinin sonraki 3 haftalık depolama periyodunda azaldığını rapor etmişlerdir.

Sonuç olarak literatür verilerinin ışığında araştırma bulguları değerlendirildiğinde, elde edilen sonuçlar, veriler ile paralellik göstermiş, işlem uygulanmayan kontrol örnekleri ile ısı-ısı olmayan işlem uygulanan tüm üzüm suyu örneklerinin depolama süresince toplam fenolik madde miktarlarının önemli şekilde azaldığı görülmüştür. Kontrol örneklerinde işlem uygulanmadan yapılan depolama süresince, meyve suyunda aktif halde bulunan enzimlerin, substratları olan fenolik bileşenleri kullandıkları reaksiyonların etkili olduğu ve depolama boyunca fenolik bileşenleri yıkıma uğratmasından kaynaklandığı, enzim etkinliğinin azalma üzerindeki en büyük rolü oynadığı ve diğer etkenlere kıyasla azalma üzerinde daha etkili bir faktör olduğu belirtilebilir. Bununla birlikte, meyve suyunun fenolik bileşen profilinin dolayısıyla meyve suyu çeşidinin, fenolik bileşenlerin uygulanan işlemlere karşı olan dayanıklılığını etkilediği, çeşit faktörünün yanında literatür verilerinde de vurgulandığı gibi, fenolik profilin coğrafik ve çevresel koşullara göre de değişiklik gösterdiği, azalma üzerinde yöreye ve söz konusu koşullara özgü fenolik bileşen hassasiyet farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Buna ek olarak, UV-C ve gamma ışınlamanın fenolik bileşenler üzerinde yarattığı hasar ve ışınlamanın fenolik bileşen üzerine bozunduruucu etkisi, depolama boyunca meydana gelen azalma üzerinde etkili bir başka faktör olarak görülmektedir. İşlemler arasında en yüksek dozda uygulanan UV ışınlama işleminin diğer işlemlere kıyasla fenolik bileşen miktarında en yüksek azalmaya sebep olması da bu yargıyı doğrular niteliktedir.

4.6.5. Depolama Süresince Toplam Monomerik Antosiyanin İçeriğindeki Değişim

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışına maruz kalan üzüm sularının depolama boyunca toplam monomerik antosiyanin miktarındaki değişimler Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Depolama boyunca üzüm sularının toplam monomerik antosiyanin miktarı (mg Malvidin-3-glukozid)

İşlem		Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı (mg Malvidin-3-glukozid)					
		Depolama Süresi (gün)					
		0	1	3	5	7	14
Kontrol		0.687±0.05 ^a	0.312±0.1 ^b	0.215±0.01 ^c	0.148±0.01 ^c	0 ^d	0 ^d
Pastörizasyon		0.740±0.02 ^a	0.518±0.06 ^a	0.446±0.02 ^a	0.360±0.02 ^b	0.275±0.02 ^c	0.190±0.07 ^d
Y	3 kGy	0.455±0.02 ^a	0.268±0.02 ^b	0.159±0.02 ^c	0.095±0.01 ^d	0 ^e	0 ^e
	5 kGy	0.455±0.02 ^a	0.423±0.01 ^b	0.282±0.02 ^c	0.106±0.01 ^d	0 ^e	0 ^e
UV	1598 mJcm ⁻²	0.687±0.01 ^a	0.312±0.03 ^b	0.238±0.01 ^c	0.095±0.01 ^d	0 ^e	0 ^e
	441 mJcm ⁻²	0.687±0.12 ^a	0.344±0.13 ^b	0.291±0.01 ^c	0.159±0.01 ^d	0 ^e	0 ^e
	239 mJcm ⁻²	0.687±0.24 ^a	0.444±0.01 ^b	0.370±0.02 ^{bc}	0.212±0.01 ^{cd}	0.123±0.01 ^d	0.106±0.01 ^d

Aynı satırda bulunan harfler, işlem sonrası depolama süresinin istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi içerisinde kıyaslanmaktadır (p<0.05).

İşlem uygulanmamış üzüm sularının (kontrol) toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine depolama sürecinin etkisi incelenmiş ve 14 günlük depolama boyunca üzüm sularının antosiyanin miktarının önemli şekilde azaldığı ve 7. günde tespit edilemeyecek miktara ulaştığı saptanmıştır. Depolamanın ilk 3 günü gözlenen değişim, başlangıca kıyasla istatistik açıdan önemli bulunmuş (p<0.05), depolamanın antosiyanin miktarı üzerine ikinci önemli etkisi ise 7. günde meydana gelmiştir. Bir haftalık depolamanın ardından üzüm sularındaki antosiyanin tamamen bozunmuştur. İşlem uygulanmayan üzüm sularındaki antosiyanin miktarında meydana gelen değişime benzer sonuçlar, ısıl olmayan işlemlerin vişne sularının bazı özelliklerine etkisinin belirlendiği çalışmada, işlem uygulanmadan depolamaya alınan kontrol örneklerinin antosiyanin miktarlarında da elde edilmiş, çalışmada, vişne sularının antosiyanin varlığının depolama boyunca azaldığı rapor edilmiştir (Arjeh ve ark. 2015).

Isıl işlem uygulanan üzüm sularına 4 °C’de 14 gün boyunca uygulanan depolamanın, antosiyanin miktarına etkisi incelendiğinde (Çizelge 4.22), antosiyanin varlığının depolama boyunca sürekli azaldığı görülmüştür. İlk 3 gün meydana gelen azalma istatistik açıdan önemsizken ($p \geq 0.05$) bu günden itibaren depolamanın son gününe kadar meydana gelen değişimin istatistik açıdan önemli ($p < 0.05$) olduğu saptanmıştır. Kontrol grubu dahil olmak üzere, işlem uygulanan tüm üzüm sularında depolama periyodunda meydana gelen azalma miktarları göz önünde bulundurulduğunda, antosiyanin miktarındaki en az değişimin % 50 ile pastörize edilen üzüm sularında meydana geldiği saptanmıştır. Isıl işlemin antosiyaninlere etkisi ile ilgili literatürde, antosiyaninlerin ısıl stabilitesini etkileyen birçok faktör olduğu vurgulanmıştır. Stabilitenin ortam koşullarıyla ilgili olduğunu gösteren çalışmada, konkord üzümünde, pH derecesinin 3.6’dan 2.8’e düşürülmesi ile glikoz içeren model sistemlerde antosiyanin degradasyonunun arttığı buna karşın sakkaroz içeren sistemlerde ise azaldığı rapor edilmiştir (Calvi ve Francis 1978). Her ne kadar bu bölümde depolama ile ilgili sonuçlar işlense, burada farklı bir noktaya da değinmek ve bir parantez açmak gerekmektedir. Depolama boyunca, antosiyanin varlığında meydana gelen azalma, en düşük oranda pastörize üzüm sularında elde edilmesine karşın, işlem etkinliğinin belirlendiği depolama öncesi çalışmada, antosiyanin varlığına en çok zarar veren işleminde yine pastörizasyon olduğu belirlenmiştir. Literatürde de sonuçlarımızla benzer şekilde, pastörizasyon işleminin, meyve suyu üretiminde en fazla antosiyanin kaybının meydana geldiği önemli aşamalardan biri olduğu açıkça belirtilmektedir (Kırca 2004). Siyah havuçtan elde edilen antosiyaninlerin ilave edildiği farklı meyve suyu ve nektarlara uygulanan ısıl işlemin antosiyaninlerin stabilitesi üzerine etkisinin belirlendiği çalışmada, üzüm ve elma suyunda, diğer meyve sularına kıyasla antosiyanin stabilitesinin yüksek olduğu, depolama aşamasında da sıcaklık ve süreye bağlı olarak antosiyanin miktarlarındaki azalmanın arttığı rapor edilmiştir (Kırca 2004). Birçok faktörün etkisi ile parçalanmış antosiyaninler kendilerine özgü rengi kaybederek gıdalarda arzu edilmeyen bir renk oluşmasına sebep olur. Antosiyaninlerin parçalanmasına neden olan en önemli faktör sıcaklıktır. Her ne kadar siyah havuç gibi sebzelerde ısıya dayanıklı antosiyaninler bulunsada birçok antosiyaninin ısıya karşı dayanıklılığı azdır. Bu nedenle süreden bağımsız bir şekilde uygulanan ısıtma işlemi antosiyaninlerde mutlaka parçalanmaya neden olur. Sıcaklık-süre ilişkisine bağlı olarak gelişen antosiyanin tahribatı, depolamada da sıcaklık-süre etkisiyle devam etmektedir (Kırca 2004). Depolama boyunca ise, bu parçalanma devam etmektedir. 65 °C’de 30 dakika ve 90 °C’de 5 saniye olmak üzere iki farklı ısıl işlem normunda pastörizasyon işlemi uygulanan portakal suları, uygulama sonrasında buzdolabı koşulları ve 25 °C’de depolamaya alınmış, depolama süresince antosiyanin miktarının

azaldığı, hem ısıtma işlemlerin hem de depolama aşamasının nar sularının antosiyanin miktarı üzerine bozucu etkisinin net bir şekilde saptandığı vurgulanmıştır (Vegara ve ark. 2013).

Gamma ışınlatma uygulandıktan sonra 4 °C’de depolanan örneklerdeki antosiyanin miktarları incelendiğinde (Çizelge 4.22), 3 kGy gamma radyasyon uygulanmış örneklerdeki antosiyanin miktarının depolama boyunca önemli şekilde azaldığı görülmüş ($p<0.05$), 7. günden itibaren üzüm sularında monomerik antosiyanin saptanmamıştır. Benzer şekilde, 5 kGy ışınlanmış üzüm sularının depolanma sürecinde antosiyanin miktarının azalma eğiliminde olduğu ve bir haftalık depolama sonrasında üzüm suyunun antosiyanin varlığının saptanamayacak değerlere gerilediği belirlenmiştir. Farklı gamma ışın dozlarıyla muamele edilen üzüm sularında başlangıç takip eden 5 günlük periyotta, 3 ve 5 kGy ışınlanan örneklerdeki azalmalar yakın değerlerde kalmış, antosiyanin miktarı depolama boyunca her analiz periyodunda istatistik açıdan önemli şekilde ($p<0.05$) değiştiği saptanmıştır. Arjeh ve ark. (2015)’nin vişne sularının antioksidan, fenolik bileşen ve toplam monomerik antosiyanin miktarları üzerine gamma radyasyonun etkisini inceledikleri çalışmalarında, depolama boyunca kontrol örneği ve gamma radyasyona maruz kalan vişne sularında antosiyanin miktarlarının bu süre boyunca azaldığı, 4 °C’de 60 gün boyunca yapılan depolamada kontrol ve radyasyona maruz kalan (0.5 ve 6 kGy) örneklerde sırasıyla % 60, % 59 ve % 65 oranında azalma olduğunu rapor etmişlerdir. Söz konusu çalışmada elde edilen bulgular, her iki dozda da ışınlatma yapılarak depolamaya tabi tutulan üzüm sularında elde edilen bulguları destekler nitelikte olup depolama boyunca üzüm sularının antosiyanin miktarlarında meydana gelen azalmalar kontrol örneğine benzer şekilde değişmiştir. Bir haftalık periyotta antosiyanin varlığı, kontrol örneği, 3 ve 5 kGy dozda ışınlanan örneklerde sırasıyla % 78, % 79 ve % 77 azalmış ikinci hafta ise söz konusu örnekler tüm antosiyaninlerini kaybetmiştir.

UV ışınlatma uygulanan ve depolamaya alınan örneklerin toplam monomerik antosiyanin miktarları incelendiğinde (Çizelge 4.22), 1598 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularının antosiyanin miktarlarının depolama boyunca azaldığı, bir haftalık depolama sonunda üzüm sularının antosiyanin içeriğini tamamen kaybettiği görülmüştür. İlk günden itibaren örneklerin antosiyanin miktarları hızla azalmaya başlamış ve her depolama gününde meydana gelen bu değişim istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Depolama periyotları genel olarak değerlendirildiğinde, 5 günlük sürede, antosiyanin miktarı % 86 ‘lık bir azalma göstermiş ve 7. günde ise ortamda antosiyanine rastlanmamıştır. Depolama boyunca meydana gelen tüm değişimler istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 441

mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularının depolama süresince antosiyanin miktarındaki değişimler, 1598 mJ cm⁻² UV dozunda işlem uygulanan örneklerde elde edilen sonuçlara benzer şekilde, 5. güne kadar istatistik açıdan önemli şekilde azalmış (p<0.05), bir haftalık depolama periyodunun ardından saptanamayacak düzeye gerilemiştir. 239 mJ cm⁻² UV dozunda işlem görmüş üzüm sularının depolama süresince antosiyanin miktarındaki değişiminde, diğer dozlarda elde edilen sonuçlara benzer şekilde azalma eğiliminde olduğu gözlenmiş ancak azalma hızının daha yavaş olduğu görülmüştür. Depolamanın 1. gününden itibaren meydana gelen azalma değerleri başlangıç değerlerine kıyasla istatistik açıdan önemli bulunmuş (p<0.05) diğer iki dozda UV ışınlanan üzüm sularından farklı şekilde antosiyanin miktarı tamamen tükenmemiştir. 7. ve 14. günler aralarında incelendiğinde ise bir haftalık depolama ile iki haftalık depolama arasında istatistik açıdan fark bulunmamıştır (p≥0.05). Isıl olmayan işlemlerle muamele edilen üzüm sularında depolama süresince meydana gelen değişimler benzer bulunmuş, en hızlı azalma en yüksek UV dozunda elde edilmesine karşın en düşük dozda ışınlanan örnek dışındaki üzüm sularının tamamında depolama sonucu antosiyanin varlığı tükenmiştir. UV ışınlama uygulanan üzüm sularında tüm dozlar için antosiyanin miktarı depolama boyunca giderek azalmış, en hızlı azalma en yüksek dozda olup dozun azalmasıyla paralel olarak antosiyanin miktarındaki azalma hızında yavaşlamıştır. Lopez-Rubira ve ark. (2005), UV ışınlanan nar tanelerinin depolama periyodunda farklı sonuçlar elde etmiş, erken hasat edilen nar tanelerinde antosiyanin miktarına etkisini önemsiz bulmuşken (p≥0.05), ikinci hasat döneminde hasat edilen ve UV ışınlama işlemi uygulanan örneklerde antosiyanin miktarında önemli bir azalma saptamışlardır (p<0.05). Sonuçlarımızdan farklı şekilde, yaban mersini meyvelerinin ışınlama sonrasında depolandığı çalışmada 2-4 kJ/m² dozda işlem gören ve depolanan üründe antosiyanin miktarında, depolanmayan meyvelere kıyasla % 20 lik bir artışa neden olduğu rapor edilmiştir (Perkins-Vaize ve ark. 2008). Aynı çalışmada farklı çeşit yabanmersinlerinde yapılan UV ışınlama ve depolama denemesinde ise antosiyanin miktarındaki değişimin depolama ya da ışınlama uygulamasından istatistik açıdan önemli bir şekilde etkilenmediği (p≥0.05) rapor edilmiştir.

Literatür verileri incelendiğinde, antosiyaninlerin stabilitesi üzerine, asilasyon, ortamda bulunan şekerler, şekerlerin parçalanma ürünleri, askorbik asit varlığı gibi birçok mekanizmanın etki ettiği görülmektedir. Asillenmiş antosiyanin açısından zengin gıdalarda, asillenmemiş antosiyaninleri daha fazla içerenlere kıyasla, ısıl işlem gibi antosiyaninlerin parçalanmasına neden olan işlemlere karşı daha yüksek stabilite gösterdiği belirtilmektedir. Bu durum, şekerlerin gallik asit, p-kumarik asit gibi aromatik asitler ile ya da malik, süksinik

asit gibi alifatik asitler tarafından asillendiği, oluşan esterleşme reaksiyonu ile de antosiyaninin daha stabil bir duruma geldiği ve özellikle ısıl işlem gibi koşullar ile depolama suresince oluşan kayıplardan daha az etkilendiği şeklinde açıklanmaktadır (Mazza ve Brouillard 1987, Mazza ve Miniati 1993, Kırca 2004). Asilasyonun yanı sıra, ortamın pH değerinde, antosiyaninler üzerindeki değişimlerde etkili bir faktör olduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte askorbik asit iğereren ortamlarda antosiyaninlerin stabilitesinin azaldığı ve daha hızlı paręalandıđı da rapor edilmiştir (Kırca 2004). Ortamda bulunan bazı şekerler ile furfural ve HMF gibi şekelerin paręalanma ürünlerinin de antosiyaninlerin paręalanmasını hızlandırdığı belirtilmektedir. şekelerin ve paręalanma ürünlerinin antosiyaninler üzerine etkisinin incelendiği bir ęalıřmada, HMF ve furfural olmak üzere paręalanma ürünlerinin antosiyaninlerin bozunma reaksiyonlarını şekerlere kıyasla daha da hızlandırdığı belirlenmiştir (Daravingas ve Cain 1968, Kırca 2004). Glutation ve tartarik asit ilave edilen portakal suyunda (Maccarone ve ark. 1985), kuersetin ve kuersitrin gibi flavanolleri içerecek şekilde oluşturulan yapay ortamlarda (Shrikhande ve Francis 1974), antosiyaninlerin daha fazla korunduğu, buna karşın klorojenik asit varlığında ortamdaki antosiyaninlerin hızla paręalandıđı (Raynal ve Moutounet 1989), aynı ortama glutathion ilave edildiğinde ise bozunmanın engellendiği rapor edilmiştir (Kırca 2004).

işlem uygulanan ve uygulanmayan tüm üzüm suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarlarına, depolamanın önemli bir etkisi olduğu belirlenmiş, depolama periyodu boyunca sırasıyla % 74 ve % 85 azalma elde edilen pastörizasyon ve en düşük dozda uygulanan UV-C işnleme işlemi dışındaki tüm işlemlerde geręekleřtirilen depolama, antosiyanin miktarlarını saptanma limitinin altına düşürmüştür. Antosiyanin miktarlarının saptanma limitinin altına düştüğu tüm örneklerde, söz konusu düşüş depolamanın ilk haftası tamamlandığında meydana gelmiştir. Antosiyanin iğerisinin en hızlı düşüş gösterdiği örnek % 86 ile en yüksek dozda UV işnleme yapılan örnekler olmuş antosiyanin iğerisinin tamamen tükendiği örnekler arasında ise (kontrol örneğide dahil) yakın sonuçlar elde edilmiştir. Antosiyaninlerin uygulanan işlemler sonrasında depolama aşamasından etkilendikleri bariz olmakla birlikte pastörizasyon ve en düşük dozda UV işnlenen örneklerde antosiyanin miktarlarının bir haftalık süreçte daha stabil kaldığı belirlenmiştir. Özellikle pastörizasyon işleminde bir haftalık periyotta meydana gelen azalma % 50 civarında seyretmiş bu da bir haftalık süreçte antosiyaninlerin yaklaşık yarısının kaybolduğu ancak iki haftalık periyottaki azalma değerlendiriliğinde ise azalma hızının giderek yavaşladığı görölmüştür. Tüm işlemler için antosiyaninlerin en hızlı kayba uğradığı sürenin depolamanın ilk haftası olduğu

saptanmıştır. Bununla birlikte depolama öncesinde yalnızca işlemlerin etkinliklerinin kıyaslandığı bölümle bağlantılı olarak bir değerlendirme yapılmış, her ne kadar depolama süresince en yavaş azalmanın pastörize edilen örneklerde olduğu belirlense de, ısı uygulamasının etkinliğinin kıyaslandığı depolama öncesi çalışmada, antosiyaninlerin en çok zarar gördüğü işlemin pastörizasyon olduğu belirlenmiştir. Antosiyaninlerde ısıl işlemle ilgili meydana gelen bu farklılığın sebebinin, antosiyaninleri parçalayacak ya da bozunmasında rol oynayacak enzimlerin ısıl işlem ile diğer işlemlere kıyasla kısmen inaktif hale gelmesi, bu sayede depolama süresince yine diğer işlemlere kıyasla antosiyaninlerin parçalanmasında daha az rol oynamasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

4.6.6. Depolama Süresince Polifenol Oksidaz (PPO) Aktivitesindeki Değişim

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV-C ışına maruz kalan üzüm sularının depolama boyunca polifenol oksidaz aktivitesindeki değişimler Çizelge 4.23'te verilmiştir.

Çizelge 4.23. Depolama boyunca üzüm sularının polifenol oksidaz aktivitesi (U/ml enzim ekstraktı)

İşlem*		Polifenol oksidaz (PPO) enzim aktivitesi (U/ml enzim ekstraktı)					
		Depolama Süresi (gün)					
		0	1	3	5	7	14
Kontrol		21600±180 ^a	28800±800 ^b	23400±1000 ^c	21600±400 ^a	23400±200 ^c	19800±400 ^d
Pastörizasyon		0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
γ	3 kGy	21600±800 ^a	32400±500 ^b	30600±800 ^c	28800±900 ^d	25200±300 ^e	19800±320 ^f
	5 kGy	21600±700 ^a	41400±400 ^b	36180±60 ^c	29160±200 ^d	21780±200 ^e	19620±210 ^f
UV	1598 mJcm ⁻²	39600±420 ^a	38220±350 ^b	36000±320 ^c	36000±200 ^c	21600±200 ^d	27000±320 ^e
	441 mJcm ⁻²	37800±480 ^a	34800±400 ^b	32400±240 ^c	30600±340 ^d	37800±340 ^a	28800±180 ^e
	239 mJcm ⁻²	21600±160 ^a	21600±140 ^a	23400±280 ^b	23400±220 ^b	18000±180 ^c	18000±160 ^c

*Aynı satırda bulunan harfler, işlem sonrası depolama süresinin istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi içerisinde kıyaslanmaktadır (p<0.05).

İşlem görmemiş üzüm sularındaki PPO enzim aktivitesinin depolama boyunca değişimi incelenmiş (Çizelge 4.23), depolamanın ilk gününde PPO enzim aktivitesinde önemli bir artış saptanmış ($p<0.05$) bu günden itibaren önemli şekilde azalmaya başlayan ($p<0.05$) enzim aktivitesindeki değişim, 5. depolama gününe kadar devam etmiş ve bu sürede enzim aktivitesi başlangıç değerine gerilemiştir. 7. gün aktivitede önemli bir artış meydana gelmiş ($p<0.05$), depolamanın son günü ise PPO enzim aktivitesinin başlangıca kıyasla istatistik açıdan önemli şekilde azaldığı ($p<0.05$) ve aktivitenin en düşük değerinin bu günde elde edildiği belirlenmiştir.

Pastörizasyon işlemi üründeki PPO enzim aktivitesini tamamen durdurmuştur. Ticari olarak üretilen meyve sularında enzim inaktivasyonunun sağlanması, pastörizasyon gibi ısı işlemlerin temel hedefini oluşturduğundan, çalışmamızda enzim aktivitesinin ısıl işleme tamamen durdurulmuş olması beklenen bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. Bu durum, enzimin yapısındaki proteinlerin sıcaklıkla denatüre olması ve dolayısıyla enzim yapısının bozularak inaktif hale gelmesinden kaynaklanmaktadır. Enzim aktivitesine rastlanmamasına rağmen yine de depolama boyunca enzim aktivite analizleri yapılmış ancak aktivitede herhangi bir değişim gözlenmemiştir.

3 kGy dozda ışınlanan örneklerde depolamanın 1. gününde PPO enzim aktivitesinde önemli bir artış gözlenmiş ($p<0.05$), söz konusu artış sonrasında depolamanın son gününe kadar enzim aktivitesi sürekli azalmış ve söz konusu azalma istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 14 günlük periyot değerlendirildiğinde ise, en düşük enzim aktivitesi, depolamanın son gününde saptanmıştır. 5 kGy dozda ışınlama yapılan üzüm sularının depolama süresince PPO enzim aktivitesinde, 3 kGy dozda işlem gören üzüm sularında elde edilen sonuçlara benzer şekilde değişim göstermiştir. Her depolama periyodunda analize alınan örneklerde meydana gelen değişim istatistik açıdan önemli bulunmuş ($p<0.05$) söz konusu değişim depolamanın ilk gününde artış yönünde ilerlerken sonraki günlerde enzim aktivitesi sürekli azalmış ve söz konusu azalma 14. gününde en düşük seviyesine gerilemiştir. 3 ve 5 kGy dozda ışınlanan ve sonrasında 10 °C'de 3 gün depolamaya alınan karalahana sularının PPO enzim aktivitesinin kademeli olarak azaldığı saptanmıştır. Azalma saptanmasına rağmen istatistik değerlendirme sonucunda önemli bir farklılık rapor edilmemiştir ($p\geq 0.05$) (Kim ve ark. 2007). Benzer şekilde mantarlar (Dean ve Professor 1989) ve mango meyvesinin (Frylinck ve ark. 1987) ışınlandığı çalışmalarda da PPO enzim aktivitesinin araştırma bulgularımıza benzer şekilde kısmen azaldığı rapor edilmiştir.

UV ışınlanmış örneklerin PPO enzim aktivitesinde depolama boyunca meydana gelen değişimler Çizelge 4.23'te görülmektedir. Tüm dozlar genel olarak incelendiğinde, üzüm sularında depolamanın ilk gününde PPO enzim aktivitesinde azalma gözlenmiş yalnızca en düşük dozda ışınlanan üzüm sularında enzim aktivitesinde değişim saptanmamıştır. En yüksek doz olan 2007 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularının depolama boyunca enzim aktivitesinin 7. güne kadar azalma eğiliminde olduğu saptanmıştır. Bir haftalık periyotta enzim aktivitesindeki söz konusu azalma istatistik açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). İkinci hafta sonunda yapılan değerlendirmede PPO aktivitesi bir miktar artmış ve bu artış istatistik açıdan önemli bulunmuştur.

441 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularının depolama süresince PPO enzim aktivitesi incelenmiş ve bir haftalık depolama periyodunun sonuna kadar enzim aktivitesinde önemli bir azalma saptanmış depolamanın 7. gününde ise bir miktar artış gözlenmiştir. İkinci 7 günlük periyot sonunda ise enzim aktivitesi tüm depolama süresinin en alt seviyesine gerilemiş ve söz konusu azalma istatistik açıdan önemli bulunmuştur.

239 mJ cm⁻² UV dozunda ışınlanan üzüm sularının enzim aktivitesi incelenmiş depolamanın ilk günü başlangıca göre enzim aktivitesinde bir değişim olmamıştır. 1. günden sonra enzim aktivitesi önemli şekilde artmış ve 5. güne kadar bu değerinde sabit kalmıştır. Bir haftalık periyodun sonunda enzim aktivitesi istatistik açıdan önemli şekilde azalmış ve 14. güne kadar olan depolama süresince herhangi bir değişim gözlenmemiştir.

UV ışınlamanın model sistemler ve dilimlenmiş elma örneklerinin PPO enzim aktivitesi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada, UV ışınlama işleminin bir miktar enzim inaktivasyonuna neden olduğu ancak elma dilimlerinde UV penetrasyonunun sınırlı olması nedeniyle 4 °C'de yapılan depolamada enzim aktivitesinin devam ettiği ve rengin esmerleştiği görülmüştür. Bununla birlikte kontrol örneğine kıyasla, UV ışınlanan ürünlerde enzimatik esmerleşmenin daha düşük seviyelerde ilerlediği ve bu anlamda UV işleminin enzimler üzerinde inaktivasyon etkisinin olduğu vurgulanmıştır. Bu etkinin, UV ışının, proteinin yapısı tarafından absorplanan ışıktan kaynaklanan direk etki ile protein bağları ya da diğer kromoforlar tarafından enerji transferi sırasında üretilen tekli oksijen aracılığıyla oluşan dolaylı olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleşen (Davies ve Truscott 2001) foto-oksidasyona uğrayarak modifiye olmasından kaynaklandığı vurgulanmıştır (Manzocco ve ark. 2009). Çalışmamızda elde edilen verilere benzer şekilde, UV ışın altında kesilen kavunlardaki

peroksidaz enzim aktivitesi depolamanın ilk gününde azalma göstermiştir (Lamikanra ve ark. 2005). Genel olarak çiğ gıdalar ile ısıl işlem görmemiş ürünlerde enzimlerin düşük dozlardaki uygulamalara karşı stabil olduğu kabul edilmektedir (Kim ve ark. 2007). Isıl olmayan işlemlerin uygulandığı beyaz üzüm sularında elde edilen azalmalara rağmen bu azalmaların ürünün kalitesini bozacak değerlerin altına indirilememesi nedeniyle yukarıdaki yargıyı doğrular nitelikte sonuçlar elde edilmiştir. 3 farklı dozda UV ışınlanan çilek örneklerinin depolama aşamasında bazı enzimlerin aktivitelerindeki değişimler incelenmiş, süperoksit dismutaz enziminin depolamanın başlangıcından itibaren kontrol dahil tüm örneklerde azaldığını, askorbat peroksidaz enziminin 8. güne kadar artış gösterdiği sonrasında 10 °C'deki depolama periyodunun sonuna kadar azaldığı, guaikol peroksidaz enziminin 5. güne kadar artış gösterdiği bu gün sonrasında depolama periyodunun sonuna kadar hızla düştüğü, glutatyon peroksidaz enziminin başlangıç itibariyle sürekli bir düşüşte olduğu rapor edilmiştir (Erkan ve ark. 2008). Çalışmada rapor edilen sonuçlar ışığında, UV ışınlama dozunun enzimler üzerine aktivitesi hangi yönde olursa olsun depolama periyodunda, periyot uzadıkça enzim aktivitesinin gittikçe azaldığı görülmüştür.

UV ışınlanan ürünlerde, maruz bırakılan dozun miktarına göre enzim aktivitesinde artış ya da azalma olduğu rapor edilmiştir (Alothman ve ark. 2009). Düşük dozlarda aktivite artmasına rağmen yüksek doz uygulanan ürünlerde enzim aktivitesi azalma eğilimindedir. Benzer şekilde, depolama boyunca PPO enzim aktivitesindeki en yüksek azalma, en yüksek dozda yapılan uygulamada elde edilmiş azalma miktarları, doz düştükçe paralel şekilde gerilemiştir.

Sonuç olarak tüm işlemler göz önünde bulundurulduğunda, enzim aktivitesinde depolama süresince artış ve azalmalar olsada, genel olarak değerlendirildiğinde depolama boyunca PPO enzim aktivitesinin azaldığı ve tüm üzüm sularında başlangıç enzim aktivitesi değerlerinin altına düştüğü saptanmıştır. Yukarıda sözü geçtiği şekilde UV ışınlamanın proteinlere direk ve dolaylı etkisinin yanı sıra söz konusu azalmada etkili diğer bir parametre, şüphesizki depolama süresi uzadıkça enzimlerin kullandığı substratların ortamdaki miktarlarının azalmasıdır. Diğer uygulamalardan farklı olarak pastörizasyon işlemi için ise, depolama süresince enzim aktivitesine rastlanmaması, enzimlerin ısıyla inaktif hale gelmesi ve depolama süresince ortamda enzim bulunmaması sonucu herhangi bir aktivite artışının saptanmamış olmasıdır.

4.6.7. Depolama Süresince 5- Hidroksimetilfurfural (5-HMF) Miktarındaki Değişim

Depolama öncesinde uygulanan ısı ve ısı olmayan işlem etkinliklerinin belirlendiği bölümde belirtildiği üzere, 5-HMF, aldehit ve alkol fonksiyonel gruplarını içeren furan halkasına sahip altı karbonlu furan türevi bir moleküldür (Ros-Polski ve ark. 2016). Literatürde, UV ışınlatma ve iyonize radyasyon uygulamalarının 5-HMF üzerine etkisi hakkında sınırlı çalışma bulunmakta olduğu belirtilmiş olup söz konusu işlemlerin uygulanması sonrasında raf ömrü sırasında HMF miktarının ne yönde değiştiğini belirlemeye yönelik çalışmaların ise daha da kısıtlı olduğu görülmüştür. Bu nedenle, türevi olduğu furan üzerine yapılmış çalışmalarında çok fazla olmamasına rağmen ısı olmayan işlemlerin HMF'ye etkisi üzerine yapılanlara kıyasla daha fazla araştırmaya konu olduğu belirlenmiştir. Bazı çalışmalarda ise hem HMF hem de furanın aynı araştırma içerisinde bir arada değerlendirildiği görülmüştür. Bu nedenle ısı ve ısı olmayan işlemler sonrasında depolamaya alınan örneklerde, depolama süresince 5-HMF miktarında meydana gelen değişimlerin incelendiği çalışmaların yanı sıra belirtilen sebepten ötürü furanla ilgili literatürde fikir vermesi adına- bu bölümde yer verilmiştir.

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışına maruz kalan üzüm sularının depolama boyunca 5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) miktarındaki değişimler Çizelge 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4.24. Depolama boyunca üzüm sularının (5-HMF) içeriği, mg/L

İşlem*		Depolama Süresi (gün)					
		0	1	3	5	7	14
Kontrol		43.31±0.97 ^a	81.97±0.79 ^{bc}	80.68±1.08 ^b	87.75±0.79 ^{de}	88.65±1.17 ^e	84.65±3.95 ^{cd}
Pastörizasyon		59.08±1.78 ^a	61.78±0.84 ^b	57.28±0.60 ^c	53.54±0.60 ^d	60.63±0.94 ^{ab}	71.69±0.61 ^e
γ	3 kGy	63.61±0.69 ^a	59.34±0.42 ^b	69.51±1.70 ^c	64.80±0.76 ^a	59.70±0.38 ^b	69.09±0.86 ^c
	5 kGy	56.43±0.54 ^a	51.43±0.21 ^b	68.47±0.47 ^c	59.94±0.19 ^d	55.16±0.21 ^a	60.35±0.4 ^d
UV	1598 mJcm ⁻²	109.1±0.37 ^a	149±0.71 ^b	138±1.01 ^c	131±1.22 ^d	128±1.68 ^e	124.3±2,01 ^f
	441 mJcm ⁻²	116.5±0.99 ^a	121.1±1.11 ^b	160±1.04 ^c	149±0.82 ^d	150±0.36 ^d	151.68±0.44 ^e
	239 mJcm ⁻²	84.24±0.56 ^a	93.55±0.42 ^b	99.57±0.86 ^c	102.9±0.50 ^d	112±0.99 ^e	113.62±0.47 ^f

*Aynı satırda bulunan harfler, işlem sonrası depolama süresinin istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi içerisinde kıyaslanmaktadır (p<0.05).

İşlem görmemiş üzüm sularının depolama boyunca HMF miktarındaki değişim incelendiğinde, depolamanın ilk 7 gününde hızla arttığı ve başlangıç değerinin iki katına çıktığı saptanmıştır. İkinci 7 günlük periyotta HMF miktarı, ilk bir haftalık periyottaki değerinden bir miktar gerilemiş ancak istatistik açıdan değerlendirildiğinde ilk gündeki miktarıyla arasında bir fark saptanmamıştır ($p \geq 0.05$). Tüm depolama günleri değerlendirildiğinde, depolamanın üzüm sularında HMF oluşumuna etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Başlangıca kıyasla örneklerin HMF miktarları depolama boyunca % 95 oranında artmıştır. Köpüklü şarap yapımında biyolojik yıllandırma ile ticari yıllandırma sırasında HMF miktarındaki değişimin incelendiği çalışmada, başlangıçta saptanan HMF miktarlarında farklılık saptanmazken, şarapların yıllandırma biçimine göre HMF miktarının değiştiği saptanmıştır. HMF'nin ticari yıllandırma süresince, biyolojik yıllandırmaya kıyasla daha fazla oluştuğu belirlenmiştir (Serra-Cayuela ve ark. 2013). Çalışmada, yıllandırma süresiyle, 5-HMF miktarının güçlü bir doğrusallık gösterdiği vurgulanmıştır. 5-HMF'nin, biyolojik yıllandırma süresince % 151, ticari yıllandırma boyunca ise % 282 gibi daha yüksek bir oranda oluştuğu rapor edilmiştir. Bununla birlikte HMF oluşumunun şeker miktarına dayalı bir oluşum olduğu ve ortamdaki şeker miktarının fazla olmasının, HMF miktarının artmasıyla yakından ilişkili olduğu belirtilmiştir. İşlem uygulanmadan farklı sıcaklıklarda depolanan portakal suyu örneklerinde, depolama sıcaklığının etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada, 3 farklı depolama sıcaklığında (20 °C, 28 °C, 35 °C) depolanan örneklerde HMF birikimi sırasıyla 20, 8 ve 3 hafta sonra görülmüş, 42 °C sıcaklıkta depolamada ise HMF oluşumu depolamadan 4 gün sonrasında başlamıştır. Sonuçlar incelendiğinde, depolama sıcaklığının yükselmesiyle HMF oluşma süresinin kısaldığı görülmüştür. Depolama sıcaklığının artmasıyla HMF miktarının da ciddi bir biçimde yükseldiği vurgulanmıştır (Wibowo ve ark. 2015).

Pastörizasyon uygulanan üzüm sularının HMF miktarlarındaki değişim incelendiğinde (Çizelge 4.24), depolama süresince HMF miktarındaki artış kontrol örneğine kıyasla daha az miktarda meydana gelmiştir. İlk bir haftalık periyotta meydana gelen değişim istatistik açıdan önemsiz bulunmuşken ($p \geq 0.05$), iki haftalık periyot değerlendirildiğinde, HMF'nin başlangıca kıyasla meydana gelen % 21'lik bir artışının istatistik açıdan önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). 5-HMF, özellikle ısıl işlem gören gıdalarda saptanan bir bileşik olup 6 karbonlu şekerler olan heksozların dehidrasyonunun sonucu olarak karamelizasyon ya da Maillard reaksiyonu gibi enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucunda oluşmaktadır (Ibarz ve ark. 1989, Aguilar ve ark. 2016). Bunun dışında uygun olmayan depolama koşullarında

HMF miktarında artışa sebep olduğu bildirilmektedir (Aguilar ve ark. 2016). Buna ek olarak, ortamdaki askorbik asidin okside olması ile reaktif karbonil grupları açığa çıkarak enzimatik olmayan esmerleşmeye öncül etki yapmakta ve reaksiyon ara ürünü olan HMF miktarının artmasında rol oynamaktadır (Aguilo-Aguayo ve ark. 2009). 5-HMF miktarının, farklı pastörizasyon sıcaklıkları ve farklı kuru madde değerlerinde, beyaz ve kırmızı üzüm suları ve konsantrelerinde oluşum kinetiği üzerine yapılan çalışmada, 50-70 °C sıcaklıklar arasında uygulanan pastörizasyon işleminde, beyaz üzüm suyu ve konsantrelerinde HMF oluşumunun, kırmızı üzüm sularından önemli şekilde ($p<0.05$) fazla olduğu belirtilmiştir (Simsek ve ark. 2007). Isıl olmayan vurgulu elektrik alan (PEF) uygulaması ile pastörizasyon işleminin portakal sularının bazı özellikleri üzerine depolama süresince etkisinin kıyaslandığı bir çalışmada, HMF miktarının 2, 4 ve 6 aylık depolama sürelerinde ne yönde değiştiği incelenmiş, vurgulu elektrik alan işlemi sonrasında depolama boyunca HMF'nin iki örnek dışında oluşmadığı saptanmıştır (Avcam ve ark. 2016). Isıl olmayan işleme kıyasla 90 °C'de 20 saniyelik pastörizasyon işlemiyle HMF miktarının, ilk iki ayda depolama başlangıcına göre yaklaşık iki katına çıktığı ve giderek artarak 6 aylık depolama sonunda ise başlangıç değerinin yaklaşık 10 katı değere ulaştığı rapor edilmiştir. Isıl işleme dayanıklı hale getirilen portakal ve mango sularının depolama boyunca furan miktarlarındaki değişimin incelendiği çalışmada sonuçlar ışığında, meyve sularının içerdiği furan miktarının değişiminde, depolama koşullarının ve depolama süresinin ne kadar önemli olduğu bir kere daha vurgulanmıştır (Palmers ve ark. 2015). Çalışmada, depolama sırasında furan miktarında meydana gelen artışın, pastörizasyon işlemi sonrası meyve suyunda meydana gelen furan miktarından fazla olduğu vurgulanmıştır. Çalışmadaki sonuçlara paralel şekilde bir furan türevi olan HMF'nin pastörize edilen üzüm sularında % 5 arttığı, depolama aşamasında ise HMF miktarındaki % 21 artış ile, işlemin kendisinden daha fazla artışa neden olduğu saptanmıştır (Palmers ve ark. 2015). Çalışmada, furan oluşumu için bir lag zamanı olduğu, yaklaşık iki haftalık periyot sonrasında miktarının hızla yükseldiği vurgulanmıştır.

3 kGy radyasyona maruz kalan üzüm sularının depolama periyodu boyunca HMF miktarındaki değişim incelendiğinde, gamma ışınlanan örneklerde depolama sonucu 5-HMF miktarında % 9'luk bir artış saptanmıştır. Depolama süresince en yüksek değer 3. gün gözlenmiş sonrasında miktar azalmaya başlamış ancak başlangıç seviyesine gerilememiştir. 5. günde saptanan miktar dışındaki tüm değişimler, başlangıç HMF değerine kıyasla istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Gamma radyasyonun balların içerdiği HMF miktarına etkisi ve depolama süresince miktardaki değişimin incelendiği bir çalışmada, gamma

radasyonun HMF üzerinde düşürücü bir etkiye neden olduğu, bu etkinin, olasılıkla radasyonun, HMF miktarının oluşumunu hızlandırabilecek mikrobiyal yükü azaltmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Khalil ve ark. 2010, Hussein ve ark. 2014).

5 kGy dozda ışınlama yapılan üzüm sularının depolanmasında HMF miktarlarındaki değişim incelenmiş ve 3 kGy dozdaki üzüm sularında elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmiştir. Depolamanın ilk 7 günlük kısmında azalma ve artışlar sonrasında başlangıca kıyasla istatistik açıdan önemli bir değişim olmadığı saptanmıştır ($p \geq 0.05$). 14 günlük periyot incelendiğinde ise başlangıca göre HMF değerlerinde % 7'lik önemli bir artış meydana gelmiştir. İyonize radyasyona maruz bırakılan meyve sularının 4 °C'de depolanması süresince furan ve d4-furan miktarının değişiminin incelendiği çalışmada, hem elma hem de portakal sularında ilk 3 günlük depolama periyodunda furan miktarının % 43 oranında arttığı, su ve meyve sularında ise, radasyonun d4-furan ın oluşumunu durdurduğu belirtilmiştir. Bozunma oranının en fazla, su da ve en düşük olarakta portakal suyunda, uygulanan doza bağlı olarak olduğu saptanmıştır. Depolama süresince, furan miktarının arttığı ancak ilk 3 gün meydana gelen artış oranının bu gün itibariyle gittikçe azaldığı rapor edilmiştir (Fan 2005). Portakal suyunda meydana gelen artış, elma suyuna kıyasla daha az elde edilmiş ancak hangi nedenle böyle bir fark olduğu açıklanamamıştır. Bununla birlikte, depolama başlangıcında meydana gelen artışın ışınlama sonrasında kalıntı radasyon etkisiyle meydana gelmiş olabileceği belirtilmiştir. Bilindiği üzere, radasyon, suyun radyolizinden kaynaklanan primer radikallerin üretimi ile etkisini göstermektedir (Simic 1983). Primer radikaller ise hidrate elektronlar, hidrojen atomları ve hidroksil radikallerini içermektedir. Hidrojen peroksit suyun radyolitik ürünlerinden biri olarak ortamda oluşabilmektedir. Primer radikaller, gıda maddeleri ile reaksiyona girdiğinde sekonder radikalleri oluşturmaktadır. Birçok serbest radikalın ömrü saniyeden bile kısadır. Bununla birlikte bazı radikaller ve reaktif bileşenler ise günler sürececek bir sürede ortamda kalabilmektedir. Söz konusu stabil radikaller ve reaktif bileşenler, furanın oluşumunu uyarıcı etkilerine devam edebilmektedir. Gamma radasyon ile ışınlanan üzüm sularının depolanması süresince meydana gelen % 9 ve % 7'lik artışların, radasyonun sözü edilen etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

1598 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularının depolama boyunca HMF miktarları değişkenlik göstermiş ve tüm depolama günlerinin HMF miktarına etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Depolamanın ilk günü çok hızlı bir şekilde yükselen HMF miktarı 149 mg/L olarak elde edilmiş, bu günden sonra depolama süresince gerilemiş

ancak 14 günlük periyot sonrasında başlangıca göre % 14 daha yüksek HMF miktarı saptanmıştır.

En yüksek doz olan 1598 mJ cm⁻² UV dozundaki değişimden farklı olarak diğer iki UV dozunda depolama sonunda HMF miktarı sırasıyla % 31 ve % 35 olmak üzere önemli şekilde artmıştır (p≥0.05). 441 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularının başlangıca kıyasla HMF miktarı en yüksek 3. günde elde edilmiştir. 5. günden itibaren azalma eğilimine giren HMF değeri 14 günlük depolama sonrasında başlangıç seviyesinden daha yüksek bir değerde tespit edilmiş ve bu değer başlangıca kıyasla istatistik açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05).

239 mJ cm⁻² UV dozunda ışınlanan üzüm sularının 14 günlük depolama süresince HMF değerlerinde meydana gelen değişim incelendiğinde ise, depolama başlangıcından itibaren HMF miktarının sürekli artış gösterdiği ve 14 günün sonunda % 35'lik artış ile 113 mg/L değerine ulaştığı saptanmıştır. HMF değerinde meydana gelen tüm değişimler, depolamanın HMF miktarına etkisinin istatistik açıdan önemli olduğunu göstermiştir (p<0.05).

Depolama boyunca üzüm sularındaki HMF miktarlarının değişim göstermesi, HMF'nin oluşumunun birçok faktöre bağlı olmasından kaynaklanmaktadır. Maillard reaksiyonunu etkileyen, ürünün şeker içeriği, şekerlerin indirgeme kapasitesi, amino asitlerin çeşidi, pH, sıcaklık, ortam asitliği, su aktivitesi ve özellikle Ca, K, Mg, Na, Fe gibi metal iyonlarının konsantrasyonu aynı zamanda bu reaksiyonun en önemli ara ürünlerinden olan HMF miktarını da dolaylı olarak etkilemektedir (Simsek ve ark. 2013). Birçok organik asit, şekerler üzerindeki yıkıcı etkilerinden ötürü HMF birikimini arttırmaktadır (Shinohara ve ark. 1986, Simsek ve ark. 2013). Depolama boyunca da bu etki, ortamdaki şekerler üzerine artan asitlik miktarı ile birlikte daha da şiddetli olmakta ve HMF miktarını arttırıcı şekilde etki göstermektedir. Çalışmamız verileri, literatürdeki verilere paralel şekilde, depolama süresinin HMF miktarını arttırıcı yöndeki etkisini, üzüm suları üzerinde meydana geldiğini göstermiştir. Literatürdeki artış miktarlarına kıyasla, HMF miktarında 14 günde meydana gelen artış miktarlarının daha düşük seviyede kalmasının en büyük sebebi, depolama sıcaklığının düşük olmasıdır. Bununla birlikte, en yüksek HMF artışının işlem uygulanmayan üzüm sularında elde edilmiş olması, ısı ile birlikte ısı olmayan işlemlerin HMF

miktarında depolama boyunca meydana gelen artışa etkisi olduğunu göstermiş bu anlamda olumlu olarak değerlendirilmiştir.

Yapılan literatür çalışmaları, HMF miktarının depolama süresine ve sıcaklığına bağlı olarak değişim gösterdiğini, ancak özellikle bal gibi oda sıcaklığında depolaması yapılan ürünler için, 6 ay içerisinde tüketilmesi gerektiği aksi takdirde izin verilen limitleri aştığını ortaya koymuştur (Khalil ve ark. 2010).

4.6.8. Depolama Süresince *trans*-Resveratrol Miktarındaki Değişim

Depolama öncesi, üzüm sularına uygulanan işlemlerin üzüm sularının *trans*-resveratrol miktarına etkisinin belirlenmesinin hedeflendiği bölümde, *trans*-resveratrol kalibrasyon eğrisi ve 10 ppm standart çözelti kromatogramı (Çizelge 4.8 ve Şekil 4.8), analiz yöntemleri kısmında belirtilen kromatografik şartlar altında HPLC kullanılarak belirlenmiş *trans*-resveratrol için alıkonma süresi 8,063 dakika olarak belirlenmiştir. Ancak üzüm sularında *trans*-Resveratrol miktarı saptanma limitlerinin altında kalmıştır. Beyaz üzüm sularındaki resveratrol miktarının saptanma limitinin altında kalmasının literatürde de belirtildiği gibi birçok sebepten kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Söz konusu sebepler, çeşit farklılığının yanı sıra, toprak tipi, sulama ve sıcaklık değerleri gibi edafoklimatik koşullar, çeşitten bağımsız olarak fungusid, herbisid gibi bitkinin maruz kaldığı kimyasal uygulamalar ve UV ışınlama gibi abiyotik stres faktörler ile fenolik bileşenlerin suda çözünürlüğünün az olması ve bu nedenle meyve suyuna geçişinin sınırlı olması gibi sebeplerden kaynaklanan resveratrol miktar farklılığı bazı üzüm çeşitlerinde miktarı saptanma limitlerinin altında bırakabilmektedir. Bu konu bir önceki bölümde ayrıntılı şekilde açıklandığından bu bölümde yer verilmemiştir. Bununla birlikte etkinlik belirleme analizlerine alınan üzüm sularında saptanmamasına karşın işlemlerden etkilenecek saptanma olasılığına karşın depolama süresince resveratrol analizleri rutin olarak gerçekleştirilmiş ancak hiçbir örnek ve hiçbir depolama periyodunda söz konusu bileşene rastlanmamıştır.

4.6.9. Depolama Süresince Furan Miktarındaki Değişim

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışına maruz kalan üzüm sularında işlem sonrasında furan oluşumuna rastlanmamıştır. Ancak meyve sularının pastörizasyonunda furan oluşumu üzerine yapılan bir çalışmada, depolama sırasında furan

miktarında meydana gelen artışın, pastörizasyon işlemi sonrası meyve sularında oluşan furan miktarından fazla olduğu görülmüştür (Palmer ve ark. 2015). Buna ek olarak furan ve benzeri bileşiklerin yalnızca ürüne uygulanan işlemlere bağlı olarak değil depolama boyunca, depolama süresi ve sıcaklığına bağlı olarakta meydana gelmesi sebebiyle, belirtilen kromatografik şartlarda analizleri yapılmış ve ısı işlem gören ve farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışınlatma uygulanan örnekler, buzdolabı koşullarında 14 günlük periyot boyunca analize alınmış ve üzüm sularında furan bileşiğine rastlanmamıştır. Furan oluşumu ile ilgili literatür incelendiğinde, portakal suyu ve mango püresinde, depolama süresince furan oluşum kinetiğinin incelendiği bir çalışmada, furan oluşumu için bir lag zamanı olduğu, yaklaşık iki haftalık periyot sonrasında miktarının hızla yükseldiği vurgulanmıştır (Palmer ve ark. 2015). Elma ve portakal sularının hiçbir işlem uygulanmadan depolamaya alındığı çalışmada, 4 °C’de 14 günlük depolama süresince, furan miktarında bir değişim olmadığı saptanmıştır (Fan 2005).

Yüksek uçuculuğa sahip, organik bir bileşen olan furan ($C_4H_4O_4$) (Palmer ve ark. 2015), rat ve farelerde kanser yapıcı olduğunun kanıtlanması sonrasında, 1995 yılında insanlar için ‘potansiyel karsinojen’ sınıfına alınmıştır (IARC 1995). Demeleme ve instant kahveler ile bebek mamaları gibi kavrulma işlemi gören ya da yüksek ısıya maruz bırakılan gıdalar başta olmak üzere birçok gıdada oluştuğu bilinmektedir. Çeşitli reaksiyon izyollarının furan oluşumunda rol oynadığı bilinmektedir. Tek başına ya da amino asitlerle birlikte şekerler, askorbik asit ve doymamış yağ asitleri, amino asitler ve karotenoidler, literatürde en çok rapor edilen öncül maddeler olarak belirtilmektedir. Her ne kadar depolama sırasında meydana gelen kimyasal reaksiyonlar literatürde daha çok araştırılan konular olsa da, bu süre zarfında meydana gelen şekerler ve askorbik asidin degradasyonu/bozunması gibi reaksiyonlar furan oluşumu ile direkt olarak ilişkilidir. Ancak literatürde ısı işlem uygulanan ürünlerin depolama sürecinde furan miktarının değişimi ile ilgili literatürün eksik olduğu belirtilmiştir (Palmer ve ark. 2015). Bunun yanı sıra, tez çalışması kapsamında yapılan literatür taramaları, hem ısı olmayan işlemlerin furan oluşumu üzerine etkisi hem de bu işlemlerin furanın depolama boyunca değişimi ile ilgili kısmının da eksik olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmamızda furan standardının saptandığı kromatografik şartlarda, üzüm sularında furan bileşiğinin saptanma limitinin altında kalması, literatürdeki bu boşluğa ışık tutulmasına engel olmuştur. Bununla birlikte, üzüm sularına uygulanan işlemler ve depolama sürecinin üründe saptanabilir miktarda furan oluşumuna neden olmaması da olumlu bir sonuç olarak araştırmamızda yer

almıştır. Bu sonuca ek olarak, tez çalışması sonrasında, furanın ısı olmayan işlemlerden nasıl etkilendiği ile ilgili ayrıntılı çalışmalar yapılması olasılık dahilindedir.

4.6.10. Depolama Süresince Kül İçeriğindeki (%) Değişim

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışına maruz bırakılan üzüm sularının depolama kül miktarlarındaki değişim Çizelge 4.25'te verilmiştir.

Çizelge 4.25. Depolama boyunca üzüm sularının kül miktarı (%)

İşlem*		Depolama Süresi					
		0.gün	1.gün	3.gün	5.gün	7.gün	14.gün
Kontrol		1.17±0.01 ^a	1.17±0.01 ^a	1.17±0.01 ^a	1.18±0.01 ^a	1.18±0.01 ^a	1.18±0.02 ^a
Pastörizasyon		1.17±0.02 ^a	1.18±0.01 ^a	1.17±0.01 ^a	1.17±0.01 ^a	1.16±0.01 ^a	1.18±0.01 ^a
γ	3 kGy	1.19±0.02 ^a	1.18±0.01 ^a	1.18±0.01 ^a	1.17±0.02 ^a	1.18±0.01 ^a	1.18±0.01 ^a
	5 kGy	1.20±0.03 ^a	1.19±0.01 ^a	1.19±0.01 ^a	1.20±0.02 ^a	1.19±0.01 ^a	1.19±0.01 ^a
UV	1598 mJcm ⁻²	1.13±0.01 ^a	1.13±0.01 ^a	1.12±0.01 ^a	1.13±0.01 ^a	1.12±0.01 ^a	1.12±0.01 ^a
	441 mJcm ⁻²	1.12±0.01 ^a	1.12±0.01 ^a	1.12±0.01 ^a	1.11±0.01 ^a	1.12±0.01 ^a	1.11±0.01 ^a
	239 mJcm ⁻²	1.12±0.01 ^{ab}	1.12±0.01 ^{ab}	1.13±0.01 ^b	1.12±0.01 ^{ab}	1.11±0.01 ^a	1.12±0.01 ^{ab}

*Aynı satırda bulunan harfler, işlem sonrası depolama süresinin istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi içerisinde kıyaslanmaktadır (p<0.05).

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışına maruz kalan üzüm sularının depolama süresince kül miktarlarındaki değişim değerleri incelenmiş, kontrol örnekleri dahil olmak üzere, ısı ve ısı olmayan işlem uygulanan üzüm sularında, depolama sürecinin kül miktarı üzerine etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur (p≥0.05).

Literatürde ısı ve ısı olmayan işlem uygulanan örneklerin depolama sürecinde kül miktarının değişimi üzerine çok fazla çalışmaya rastlanmamıştır. Su teresinde gamma radyasyon uygulanan örneklerin depolanma aşamasında kül miktarının değişiminin incelendiği çalışmada, 1, 2 ve 5 kGy dozlarında ışınlanan ve 4 °C'de 7 gün depolamaya alınan örneklerde, depolamanın kül miktarı üzerine etkisi, çalışma bulgularımızla paralel şekilde istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur (Pinela ve ark. 2016). Söz konusu çalışmada gamma ışınlama işleminin kontrol grubu olarak işlem görmeden depolamaya alınan su teresi

örneklerinde 4 °C’de yapılan bir haftalık depolamanın kül miktarına etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$).

4.6.11. Depolama Süresince Suda Çözünabilir Toplam Kuru Madde (SÇTKM) Miktarındaki Değişimler

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışına maruz kalan üzüm sularının depolama boyunca suda çözünabilir toplam kuru madde (SÇTKM) miktarı değerindeki değişimler Çizelge 4.26’da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Depolama boyunca üzüm sularının suda çözünabilir toplam kuru madde (SÇTKM) miktarındaki değişimler

İşlem*		Depolama Süresi					
		0.gün	1.gün	3.gün	5.gün	7.gün	14.gün
Kontrol		16±0.15 ^a	16.1±0.3 ^a	16.3±0.1 ^a	16.3±0.1 ^a	16.3±0.1 ^a	16.2±0.07 ^a
Pastörizasyon		16±0.10 ^a	15.2±0.07 ^b	15.2±0.06 ^b	15.3±0.1 ^{bc}	15.7±0.17 ^d	15.5±0.20 ^d
γ	3 kGy	16.2±0.16 ^a	16.4±0.65 ^a	16.1±0.15 ^a	16.2±0.26 ^a	16.1±0.11 ^a	16.1±0.14 ^a
	5 kGy	16.2±0.16 ^a	16±0.1 ^a	16.3±0.3 ^a	16.1±0.12 ^a	16.2±0.53 ^a	16.1±0.26 ^a
UV	1598 mJcm ⁻²	17.4±0.32 ^a	17.4±0.15 ^a	17.1±0.1 ^a	17.3±0.15 ^a	17.4±0.16 ^a	17.4±0.21 ^a
	441 mJcm ⁻²	17.3±0.03 ^a	17.4±0.02 ^a	17.3±0.06 ^a	17.4±0.03 ^a	17.4±0.03 ^a	17.4±0.04 ^a
	239 mJcm ⁻²	17.3±0.29 ^a	17.4±0.19 ^a	17.2±0.18 ^a	17.4±0.14 ^a	17.4±0.4 ^a	17.4±0.20 ^a

*Aynı satırda bulunan harfler, işlem sonrası depolama süresinin istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi içerisinde kıyaslanmaktadır ($p < 0.05$).

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışına maruz bırakılan üzüm sularının depolama boyunca suda çözünabilir toplam kuru madde miktarı değerlerindeki değişimler incelendiğinde, pastörizasyon işleminde, ilk önemli değişim depolamanın ilk gününde gerçekleşmiş ve depolamanın son gününde SÇTKM miktarı istatistik açıdan önemli şekilde azalmıştır ($p < 0.05$). Pastörizasyon işlemi dışındaki tüm uygulamalarda, hiçbir işlem uygulanmadan depolamaya alınan kontrol grubu dahil olmak üzere, depolamanın SÇTKM miktarı üzerine etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$). Çalışmamızdan farklı şekilde ısı işlem görmüş iki farklı çeşitten elde edilen portakal sularının raf ömrü

denemelerinde, SÇTKM miktarında 4 °C ve 10 °C lik iki farklı depolama süresi boyunca istatistik açıdan önemli bir değişim saptanmamıştır ($p \geq 0.05$) (Bull ve ark. 2004).

Üzüm sularının depolama süresince SÇTKM miktarlarındaki değişim literatür verileriyle paralel şekilde bulunmuştur. UV ışınlanan elma (Kim 1997) ve kirazlar (Taira ve ark. 1997) ile UV ışınlanmış kavun suyu örneklerinde (Feng ve ark. 2013) depolamanın SÇTKM miktarına etkisi araştırılmış ve istatistik açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ($p \geq 0.05$). UV ışınlanmış ananas sularının 4 °C'de 13 hafta boyunca depolanması sırasında SÇTKM miktarının değişimi incelenmiş ve çalışma sonuçlarımızdan farklı şekilde, 13 haftalık periyodun etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuştur (Chia ve ark. 2012). Bununla birlikte, üzüm sularının iki haftalık depolama süresiyle kıyaslanması açısından ananas sularının depolama süresinin 2 haftalık kısmına bakıldığında, sonuçlarımıza benzer şekilde depolamanın SÇTKM miktarı üzerine etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuş ($p \geq 0.05$), SÇTKM miktarının 7. haftadan itibaren azalmaya başladığı rapor edilmiştir. Aynı çalışmada pastörizasyon işlemi uygulanan ananas sularında da SÇTKM miktarı incelenmiş ve 13 haftalık periyotta etki önemsizken ilk iki haftalık periyotta çalışmamızdaki bulgulara benzer şekilde SÇTKM miktarında önemli bir azalma rapor edilmiştir ($p < 0.05$). Çalışmada SÇTKM miktarındaki değişimin şekerlerin fermantasyonu sonucunda meyve suyunun bozulmasına yol açan mikroorganizma varlığından kaynaklandığı vurgulanmıştır. Söz konusu reaksiyonun işlem görmemiş meyve sularında (kontrol) 3. haftadan, UV işlem gören meyve sularında ise 7. haftadan sonra başladığı ve fermantasyon sonucunda ise meyve suyunun Bx değerinin değiştiği rapor edilmiştir.

Gamma radyasyon ile ışınlanan üzüm sularında depolamanın SÇTKM miktarına etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$). Çalışma sonuçlarımızla paralel olarak, vişne sularında gamma ışınlamanın etkilerinin araştırıldığı çalışmada, hem kontrol örnekleri hem de gamma ışınlanan örneklerin SÇTKM miktarları üzerine depolamanın etkisinin önemsiz olduğu ($p \geq 0.05$) rapor edilmiştir (Arjeh ve ark. 2015). Domates örneklerine farklı dozlarda uygulanan ışınlama işlemi sonrasında yapılan 14 günlük buzdolabı koşullarındaki (4 °C) depolamanın SÇTKM miktarına etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$) (Guerreiro ve ark. 2016). Benzer şekilde ışınlanan papaya örnekleri ile (Moy ve ark. 1973, Kim ve Yook 2009) 1 kGy dozlama yapılan ananas örnekleri (Perecin ve ark. 2011), 4 °C'de 7 gün depolanan 2 kGy dozda ışınlanmış su teresi (Pinela ve ark. 2016), ışınlama sonrası 8 gün depolanan mango meyvesinde (Sabato ve ark. 2009), depolamanın SÇTKM miktarına

etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$). Literatürden farklı olarak kivi meyvesinde yapılan çalışmada (Kim ve Yook 2009) ve ananaslarda 2 kGy dozlama yapılan örneklerde (Perecin ve ark. 2011), artan doza paralel olarak meyvelerin SÇTKM miktarında azalma rapor edilmiştir ($p < 0.05$).

4.6.12. Depolama Süresince pH Değerindeki Değişimler

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV-C ışına maruz kalan üzüm sularının depolama boyunca pH değerindeki değişimler Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Depolama boyunca üzüm sularının pH değerleri

		Depolama Süresi					
İşlem*		0.gün	1.gün	3.gün	5.gün	7.gün	14.gün
Kontrol		3.35±0.02 ^a	3.51±0.02 ^b	3.47±0.02 ^c	3.45±0.02 ^{cd}	3.42±0.03 ^d	3.38±0.02 ^a
Pastörizasyon		3.26±0.03 ^a	3.65±0.03 ^b	3.46±0.02 ^c	3.44±0.01 ^c	3.45±0.04 ^c	3.20±0.40 ^a
γ	3 kGy	3.34±0.02 ^a	3.40±0.1 ^a	3.29±0.03 ^{ab}	3.34±0.02 ^a	3.24±0.02 ^{ab}	3.12±0.1 ^b
	5 kGy	3.36±0.11 ^a	3.45±0.03 ^a	3.30±0.06 ^a	3.36±0.02 ^{ab}	3.30±0.1 ^a	3.18±0.11 ^b
UV	1598 mJ cm ⁻²	3.37±0.01 ^a	3.40±0.04 ^a	3.44±0.08 ^{ab}	3.51±0.02 ^b	3.40±0.03 ^a	3.42±0.03 ^a
	441 mJ cm ⁻²	3.36±0.02 ^a	3.41±0.01 ^b	3.47±0.01 ^c	3.48±0.02 ^c	3.42±0.01 ^b	3.4±0.03 ^{bc}
	239 mJ cm ⁻²	3.39±0.02 ^a	3.42±0.02 ^{ab}	3.43±0.03 ^{bc}	3.44±0.03 ^{bc}	3.39±0.016 ^a	3.46±0.02 ^c

*Aynı satırda bulunan harfler, işlem sonrası depolama süresinin istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi içerisinde kıyaslanmaktadır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.27 incelendiğinde, kontrol örneğinde pH değeri depolama süresince değişim göstermiş ancak başlangıç değeri ile kıyaslandığında 14 günlük depolama süresi sonunda başlangıçtaki seviyesine gerileyen pH değeri üzerine depolamanın etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$). İşlem uygulanmadan 15 gün boyunca depolanan ananas meyvesinde, depolama boyunca pH değişimi incelenmiş ve elde edilen veriler çalışmamıza benzer şekilde rapor edilmiştir. Depolama süresi sonunda işlem görmemiş örnekte pH değeri başlangıça kıyasla artmış ancak bu artış istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur (Perecin ve ark. 2011). Kavun suyu örneklerinin 37 günlük raf ömrü denemelerinde, 5 °C’de yapılan depolamanın ilk 25 gününde, depolamanın pH değerine istatistik açıdan önemli bir şekilde etki etmediği rapor edilmiştir (Feng ve ark. 2013).

Pastörizasyon işleminde depolamanın pH üzerine etkisi incelendiğinde, 1. günden itibaren üzüm sularının pH sında önemli bir değişim gözlenmiş ($p < 0.05$) buna karşın 7. günden itibaren pH değeri başlangıçtaki seviyesine gerilemiştir. 14 günlük depolama periyodu incelendiğinde, depolamanın pH değerine etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$). Pastörize edilen üzüm sularının bir haftalık depolama periyodunda elde edilen artışın SÇTKM miktarındaki azalmadan kaynaklandığı (Chia ve ark. 2012) düşünülmüştür. Çalışmamıza benzer şekilde, pastörizasyon işlemi sonrasında raf ömrü denemelerine alınan ananas sularının pH değerinde istatistik açıdan önemli bir fark saptanmamıştır (Chia ve ark. 2012). Portakal ve havuç suyu karışımlarından elde edilen meyve suyunda yapılan pH analizleri sonucu, pastörizasyon sonrası soğukta depolanan karışık meyve suyunda istatistik açıdan önemli değişimlerin olmadığı rapor edilmiştir (Rivas ve ark. 2006). Portakal sularında yapılan çalışmalarda da benzer şekilde, depolama süresinin pH değerine etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$) (Yeom ve ark. 2000, Bull ve ark. 2004). Havuç sularında UV işlemi ile etkinliği kıyaslanan pastörizasyon işleminin, depolama süresince havuç sularının pH değerleri üzerine etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$).

Işınlama işlemi sonrasında depolamaya alınan üzüm suyu örneklerinden, 3 kGy ışınlanan örneklerde ilk 7 gün meydana gelen değişim istatistik açıdan önemsizken ($p \geq 0.05$), ikinci 7 günlük periyotta meydana gelen azalmanın istatistik açıdan önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Farklı dozlarda ışınlanan ananas meyve örneklerinde çalışmamızda elde edilen bulgulardan farklı olarak, iki farklı dozda ışınlama sonrasında 15 günlük depolamaya alınan ananaslarda, sırasıyla 1 kGy ışınlama sonrası, depolama süresince pH değerinde değişim gözlenmezken 2 kGy dozlamaya yapılan meyvelerde depolama boyunca pH değerindeki değişim istatistik açıdan önemli ($p < 0.05$) şekilde artmıştır (Perecin ve ark. 2011). Su teresinde farklı dozlar uygulandıktan sonra 4 °C’de 7 gün süresince yapılan depolamada pH değeri, üzüm sularında elde edilen verilere benzer şekilde kontrol örneğine kıyasla azalmıştır (Pinela ve ark. 2016).

5 kGy dozda ışınlama yapılan örneklerin depolama süresince pH değerlerindeki değişim, 3 kGy dozda ışınlanan örneklerin raf ömrü denemelerinde elde edilen sonuçlarla benzer şekilde 7 gün boyunca istatistik açıdan farklı bulunmazken ($p \geq 0.05$) ikinci 7 günlük zaman diliminde meydana gelen pH düşüşü istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Üzüm sularında gamma ışınlanan örneklerin depolama periyodunda elde edilen sonuçlara benzer şekilde, kiraz domateslerde 3.2 ve 5.7 kGy dozda ışınlama sonrasında pH değeri

anlamli şekilde azalmiş ($p < 0.05$) söz konusu iki doz dışındaki dozlarda ise depolamanın pH ya etkisi bulunmamıştır ($p \geq 0.05$) (Guerreiro ve ark. 2016). Elma sularında işınlanan örneklerin depolanma süresince pH değerlerinin azaldığı ve azalmanın radyasyon sonrasında bazı organik asitlerin birikiminden kaynaklandığı vurgulanmıştır (Al-Bachir 1999).

4 °C'de 14 gün boyunca depolanan UV işınlanmış örneklerin pH değerlerindeki değişim incelendiğinde (Çizelge 4.27), 1598 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularında, depolamanın pH değerine etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$). Bu sonuçlardan farklı şekilde 441 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularının depolama süresince pH değerleri incelenmiş ve depolamanın ilk gününden itibaren değişim gözlenen pH değerleri, 14 günlük periyodun sonunda istatistik açıdan önemli şekilde artış göstermiştir ($p < 0.05$). 239 mJ cm⁻² UV dozunda işınlama uygulanan üzüm suyu örneklerinde 7 günlük depolama periyodu süresince pH değerleri önemli şekilde değişmiş ancak 7. gün elde edilen pH değeri başlangıç değeri ile aynı bulunmuştur. İki haftalık periyot değerlendirildiğinde ise başlangıç ve ilk 7 güne kıyasla pH değerinde artış saptanmış ve söz konusu artış istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

pH değeri, meyve sularında, biyoaktif bileşenlerin stabilitesini tanımlayan kalite karakteristiklerinden biri olarak tanımlanmaktadır (Sanchez-Moreno ve ark. 2006). Literatür verileri incelendiğinde, UV işınlanmış ananas sularında 13 haftalık depolama süresince pH değeri istatistik açıdan önemli ($p < 0.05$) şekilde artmış (Chia ve ark. 2012), araştırmamızda üzüm sularında elde edilen pH artışıda benzer şekilde yalnızca bir doz dışında istatistik açıdan önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. İstatistik açıdan önemli olmamakla birlikte, yalnızca kontrol ve UV işınlanan örneklerde görülen pH artışının, meyve sularında bozulma yapan mikroorganizmalardan kaynaklandığı, portakal suları ile yapılan ve benzer bulgular elde edilen çalışmada vurgulanmıştır (Cortes ve ark. 2008). Kavun sularında UV işınlama işlemini takiben 5 °C'de yapılan depolama sonucu, kontrol örneğine kıyasla UV işlem uygulanan örneklerin pH değerlerinde artış saptanmış bununla birlikte söz konusu artış ilk 25 günlük periyotta istatistik açıdan önemli bulunmamıştır ($p \geq 0.05$) (Feng ve ark. 2013). Yabanmersini meyvesinde yapılan UV işınlama sonrası 7 günlük depolamada, yaban mersini meyvelerinin pH değerlerinin önemli şekilde arttığı saptanmıştır (Perkins-Vaize ve ark. 2008). En yüksek dozda işlem uygulanan üzüm suyu örneklerindeki sonuçlara benzer şekilde, UV işınlama uygulanan havuç sularının 4 °C'de 12 günlük depolama boyunca incelenen fizikokimyasal

özellikleri arasında pH değeri üzerine, depolamanın istatistik açıdan önemli bir etkisi saptanmamıştır (Riganakos ve ark. 2017).

Sonuç olarak, depolama süresince örneklerin pH değerlerinde meydana gelen değişimler uygulanan işlemlere göre farklılık göstermiştir. Pastörizasyon işlemi sonrasında pH değerleri önemli şekilde değişmezken gamma ışınlama sonrasında pH değeri azalmış, UV ışınlama işlemi sonrasında yapılan depolama sürecinde ise artış göstermiştir. Literatür verileri, pH değerinde meydana gelen artış ve azalmaların, depolama boyunca ortamda oluşan organik asitler ve ortamdaki mikroorganizma faaliyetlerinden kaynaklandığını göstermiştir.

4.6.13. Depolama Süresince Titrasyon Asitliğindeki (%) Değişimler

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV ışına maruz kalan üzüm sularının depolama boyunca titrasyon asitliğindeki değişimler Çizelge 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Depolama boyunca üzüm sularının titrasyon asitliği değerleri (%)

İşlem		Depolama Süresi					
		0.gün	1.gün	3.gün	5.gün	7.gün	14.gün
Kontrol		0.20±0.03 ^{ab}	0.20±0.05 ^{ab}	0.19±0.03 ^a	0.20±0.03 ^{ab}	0.22±0.02 ^{ab}	0.25±0.02 ^b
Pastörizasyon		0.18±0.05 ^a	0.18±0.02 ^a	0.22±0.03 ^b	0.24±0.02 ^b	0.25±0.03 ^b	0.27±0.03 ^b
Y	3 kGy	0.21±0.02 ^a	0.24±0.03 ^a	0.23±0.03 ^{ab}	0.25±0.04 ^{ab}	0.26±0.04 ^{ab}	0.28±0.03 ^b
	5 kGy	0.21±0.03 ^a	0.24±0.02 ^{ab}	0.23±0.03 ^{ab}	0.25±0.04 ^{ab}	0.26±0.03 ^{ab}	0.27±0.01 ^b
UV	1598 mJ cm ⁻²	0.61±0.08 ^a	0.60±0.02 ^a	0.60±0.03 ^a	0.70±0.02 ^b	0.60±0.02 ^a	0.65±0.03 ^{ab}
	441 mJ cm ⁻²	0.60±0.03 ^a	0.61±0.03 ^a	0.61±0.06 ^a	0.71±0.02 ^b	0.65±0.02 ^{ab}	0.65±0.04 ^{ab}
	239 mJ cm ⁻²	0.59±0.03 ^a	0.59±0.03 ^a	0.62±0.02 ^a	0.62±0.03 ^a	0.65±0.03 ^a	0.65±0.05 ^a

Aynı satırda bulunan harfler, işlem sonrası depolama süresinin istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi içerisinde kıyaslanmaktadır (p<0.05).

İşlem uygulanan ve uygulanmayan örneklerin depolama boyunca titrasyon asitliği değerleri incelendiğinde, işlem uygulanmadan depolamaya alınan kontrol örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinin bir miktar arttığı belirlenmiş ve istatistik açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). Pastörizasyon işlemi uygulanmış üzüm suyu örneklerinin depolama boyunca titrasyon asitliğine etkisi incelendiğinde ise, başlangıca kıyasla ilk önemli değişim 3.

depolama gününde saptanmış ($p<0.05$) bununla birlikte bu günden itibaren meydana gelen değişimler istatistik açıdan önemli bulunmamıştır ($p\geq 0.05$). Titrasyon asitliği değerlerinde depolama boyunca meydana gelen artış, ananas sularında yapılan raf ömrü çalışmasında elde edilen verilere benzer şekilde bulunmuş periyot olarak çalışmamızdan daha uzun süre yapılan raf ömrü denemesinin çalışmamıza benzer süre aralığı değerlendirildiğinde ilk 3 haftalık periyotta titrasyon asitliği miktarının araştırma bulgularımıza benzer şekilde arttığı rapor edilmiştir (Chia ve ark. 2012).

3 kGy dozda ışınlanan üzüm suyu örneklerinin titrasyon asitliği değerleri pH değerlerine benzer şekilde değişim göstermiş 7. güne kadar meydana gelen değişim istatistik açıdan önemsiz bulunmazken ($p\geq 0.05$) depolamanın son gününde belirlenen titrasyon asitliği miktarı depolama başlangıcına kıyasla istatistik açıdan farklı bulunmuş ($p<0.05$) diğer bir deyişle, depolamanın titrasyon asitliğine etkisinin önemli olduğu saptanmıştır.

5 kGy dozda gamma ışınlanmış üzüm sularının titrasyon asitliği değerleri 3 kGy ışınlanan ürünlerdekine benzer şekilde değişmiştir. Depolamanın ilk haftasında titrasyon asitliğinde meydana gelen artış istatistik açıdan önemli bulunmazken ($p\geq 0.05$), 14 gün sonunda titrasyon asitliğinde meydana gelen artış başlangıç değerine kıyasla istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Literatür verileri, çalışma bulgularımızı destekler nitelikte bulunmuş, Arjeh ve ark. (2015), çalışmalarında toplam asitliğin gamma ışınlanan örneklerde depolama süresince arttığını, Youssef ve ark (2002), 2 kGy'e kadar ışınlanan mango pulunun 270 günlük depolama periyodu boyunca titrasyon asitliği miktarının arttığını rapor etmişlerdir. Artışın, çalıştıkları ürün bazında meyvede bulunan sitrik asidi yıkan PPO gibi enzimlerin, radyasyon nedeniyle ya da depolama boyunca artan mikrobiyal floranın etkisiyle inaktif hale gelerek ortamdaki asitlerin bozunmasının engellenmiş olabileceğini belirtmişlerdir. Vişne sularına uygulanan gamma radyasyon sonrasında organik asit profilinin değişiminin incelendiği çalışmada, bazı organik asitlerin (malik, oksalik, askorbik, sitrik, fumarik ve sukkinik asit) miktarlarının 4 °C'de 60 günlük depolama süresince değişimi gözlenmiş ve yalnızca malik asidin depolama boyunca önemli şekilde arttığı saptanmıştır (Arjeh ve ark. 2015). Olgun yeşil evredeki domateslere 3 farklı dozda (0.525, 0.5 ve 1 kGy) uygulanan gamma ışınlama işlemi sonrasında domateslerin titrasyon asitliği miktarları incelenmiş ve ışınlama sonrasında 15

°C’de depolanan meyvelerde titrasyon asitliği miktarlarında artış olduğu rapor edilmiştir (Adam ve ark. 2013).

Benzer şekilde çalışmamızda gamma ışınlanan örnekler, bir haftalık periyotta önemsiz bir artış gösterirken depolamanın ikinci haftasında titrasyon asitliği değerlerinde istatistik açıdan önemli bir artış saptanmıştır. Ananas meyvelerinin ışınlama sonrasında 8 °C’de 15 günlük sürede depolama denemelerinde farklı dozların farklı etki yaptığı, 1 kGy dozlamının çalışmamızdaki bulgulara benzer şekilde titrasyon asitliğinde artışa neden olurken artan ışın dozunda yapılan uygulama sonrasındaki depolama periyodunda meyvedeki titrasyon asitliği miktarının azaldığı ancak her iki değerisinde istatistik açıdan önemsiz olduğu ($p \geq 0.05$) rapor edilmiştir (Perecin ve ark. 2011).

1598 mJ cm⁻² UV dozunda uygulanan üzüm sularının titrasyon asitliğinde ilk önemli değerim depolamanın 5. gününde meydana gelmiş, 5. güne kadar artan titrasyon asitliği, bu günden itibaren başlangıç değerlerine yakın değerlere gerilemiştir. Bir haftalık ve iki haftalık periyotlar ayrı ayrı değerlendirildiğinde, her iki depolama sresinde titrasyon asitliği üzerinde önemli bir farklılık yaratmadığı belirlenmiştir ($p \geq 0.05$).

441 mJ cm⁻² UV dozunda işlem gören üzüm sularının depolama süresince titrasyon asitliği değerlerinin değerimini incelenmiş 14 günlük periyot sonrası üzüm sularının titrasyon asitliği değerinin bir miktar yükseldiği grlmştir. Ancak başlangıca göre meydana gelen bu az miktardaki artışın istatistik açıdan bir fark yaratmadığı saptanmıştır ($p < 0.05$).

239 mJ cm⁻² UV dozunda işlem uygulanan üzüm suyu örneklerinde depolama süresince titrasyon asitliği değerleri incelenmiş depolamanın son gününe kadar üzüm sularının titrasyon asitliği miktarlarında bir miktar artış saptanmıştır. İstatistik açıdan değerlendirildiğinde ise istatistik açıdan bir fark saptanmamıştır ($p < 0.05$).

Ananas sularında UV ışınlama sonrasında depolama süresince titrasyon asitliğinde ilk 7 hafta boyunca değerim olmadığı rapor edilmiştir. Uygulanan en düşük doz hariç UV ışınlama işlemi uygulanan üzüm sularındaki sonuçlarda bu alışmadakilere benzer şekilde durağan bulunmuş depolama süresinin, titrasyon asitliğine önemli bir etkisi saptanmamıştır.

Sonuç olarak, üzüm sularının depolama boyunca titrasyon asitliği değerlerinin değişimi incelendiğinde, UV işlemi dışındaki tüm uygulamaların, kontrol grubu dahil olmak üzere, meyve sularının asitlik değerinde önemli bir artışa neden olduğu ($p < 0.05$), UV işleminde ise benzer şekilde bir miktar artış olmasına karşın belirlenen artışın istatistik açıdan önemli olmadığı saptanmıştır ($p \geq 0.05$).

4.6.14. Depolama Süresince Renk Değerindeki Değerimler

Pastörizasyon, farklı dozlarda gamma radyasyon ve UV işına maruz kalan üzüm sularının depolama boyunca renk değerlerindeki değerimler izelge 4.29'da verilmiştir.

Çizelge 4.29. Depolama boyunca üzüm sularının L^* , a^* , b^* değerleri

İşlem*	L^* Değeri					
	0.gün	1.gün	3.gün	5.gün	7.gün	14.gün
Kontrol	87.4±0.01 ^a	87.3±0.01 ^b	87.5±0.03 ^c	89.0±0.03 ^d	88.8±0.01 ^e	88.6±0.01 ^f
Pastörizasyon	95.63±0.01 ^a	94.63±0.01 ^b	94.85±0.01 ^c	94.75±0.01 ^d	95.15±0.01 ^e	94.37±0.01 ^f
1598 mJ cm ⁻²	88.0±0.17 ^a	88.2±0.1 ^b	88.7±0.15 ^c	89.1±0.01 ^d	89.1±0.01 ^d	88.9±0.01 ^e
441 mJ cm ⁻²	87±0.03 ^a	88±0.01 ^b	87.5±0.01 ^c	87.3±0.01 ^d	88±0.01 ^e	87.8±0.01 ^f
239 mJ cm ⁻²	87.5±0.01 ^a	88.4±0.02 ^b	84.5±0.02 ^c	86.9±0.02 ^d	87.9±0.01 ^e	87.6±0.03 ^f
γ -3kGy	42.14±1.0 ^a	48.57±0.01 ^b	43.69±0.01 ^c	44.10±0.01 ^c	45.01±0.02 ^d	43.63±0.01 ^c
γ -5kGy	43.75±0.01 ^a	48.60±0.4 ^b	51.61±0.01 ^c	53.14±0.01 ^d	51.29±0.02 ^e	48.85±0.02 ^b
İşlem	a^* Değeri					
	0.gün	1.gün	3.gün	5.gün	7.gün	14.gün
Kontrol	0.5±0.01 ^a	0.7±0.02 ^b	0.5±0.01 ^a	0.3±0.01 ^c	0.22±0.01 ^d	0.20±0.01 ^e
Pastörizasyon	-0.18±0.01 ^a	-0.11±0.01 ^b	-0.10±0.02 ^{bc}	-0.1±0.01 ^{bc}	-0.09±0.01 ^{bc}	-0.08±0.02 ^c
1598 mJ cm ⁻²	-0.1±0.01 ^a	0.2±0.01 ^b	0 ^c	-0.2±0.01 ^d	-0.2±0.01 ^e	-0.2±0.01 ^d
441 mJ cm ⁻²	0.5±0.01 ^a	0.3±0.01 ^b	0.4±0.01 ^c	0.4±0.01 ^d	0.3±0.01 ^e	0.3±0.01 ^f
239 mJ cm ⁻²	0.5±0.01 ^a	0.3±0.01 ^b	1.3±0.01 ^c	0.6±0.01 ^d	0.4±0.01 ^e	0.4±0.01 ^e
γ -3kGy	25.22±0.1 ^a	20.74±0.02 ^b	24.59±0.01 ^c	25.4±0.01	24.72±0.02 ^e	24.86±0.01 ^f
γ -5kGy	21.92±0.34 ^a	20.20±0.02 ^b	19.67±0.01 ^c	18.7±0.01 ^d	20.03±0.02 ^b	21±0.01 ^e
İşlem	b^* Değeri					
	0.gün	1.gün	3.gün	5.gün	7.gün	14.gün
Kontrol	9.6±0.01 ^a	12.5±0.01 ^b	10.6±0.02 ^c	8.0±0.01 ^d	8.6±0.02 ^e	10.4±0.01 ^f
Pastörizasyon	2.64±0.01 ^a	3.67±0.01 ^b	3.14±0.02 ^c	3.35±0.01 ^d	2.76±0.01 ^e	4.12±0.01 ^f
1598 mJ cm ⁻²	8.6±0.03 ^a	6.3±0.01 ^b	7.2±0.01 ^c	7.7±0.01 ^d	6.3±0.01 ^e	8.4±0.01 ^f
441 mJ cm ⁻²	10.1±0.02 ^a	10±0.03 ^b	10.7±0.01 ^c	10.6±0.01 ^d	10.5±0.01 ^e	11.6±0.01 ^f
239 mJ cm ⁻²	10.4±0.02 ^a	8.8±0.01 ^b	10.7±0.01 ^c	12.4±0.02 ^d	9.3±0.02 ^e	11.2±0.02 ^f
γ -3kGy	62.88±0.04 ^a	63.37±0.31 ^b	65.30±0.03 ^c	65.96±0.09 ^d	66.61±0.08 ^e	65.38±0.08 ^c
γ -5kGy	62.50±0.13 ^a	62.67±0.09 ^b	64.32±0.03 ^c	63.25±0.09 ^d	64.95±0.08 ^e	65.22±0.09 ^f

*Aynı satırda bulunan harfler, işlem sonrası depolama süresinin istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi içerisinde kıyaslanmaktadır (p<0.05).

Gıdalarda renk, meyve, meyve suları ve sebzelerin kalite değerlendirmesinde tüketici algısını etkileyen temel ve öncelikli kalite özelliklerinden biridir (Gejima ve ark. 2003, Riganakos ve ark. 2017). Bu nedenle, mikrobiyolojik raf ömrünü uzatmak amacıyla uygulanan işlemlerin, ürünün renk değerlerini en az düzeyde etkilemesi, ürünün tercih

edilebilirliği açısından 3nemlidir. Bu amaçla, çalışma kapsamında işlem 3ncesi ve sonrası değişimin yanı sıra işlem uygulanan ve uygulanmayan 3z3m sularında, 14 g3nl3k depolama boyunca renk değerlerinin ne y3nde değerliği incelenmiştir.

3z3m sularının L^* değerleri incelendiğinde, past3rizasyon işlemi uygulanan 3rnekler, kontrol 3rnekleri dahil 3z3m sularının depolama aşaması boyunca L^* değerlerinin azaldığı tek işlem olarak saptanmıştır. L^* değerleri, aydınlık değerini ifade etmekte ve L^* değerinde meydana gelen d3ř3ř bir kalite kaybı olarak değerlendirilmektedir. Past3rizasyon dışındaki t3m 3rneklerde depolama ilerledikçe L^* değerinde artış g3zlenmiştir. L^* değerinin, en fazla artış g3sterdiği uygulama, en y3ksek gamma ışın dozu olan 5 kGy doz olarak saptanmış, bu artışı 3 kGy dozdaki gamma ışınlanan 3rneklerdeki artış takip etmiştir. En az değerlişim ise, en d3ř3k UV dozu olan 441 mJ cm⁻² UV dozunda uygulanan işlem sonrası depolanan 3rneklerde elde edilmiştir. 1598, 441 ve 239 mJ cm⁻¹ UV dozlarında işlem g3ren 3rneklerin L^* değerleri, 14 g3nl3k depolama s3resince artış g3stermiş ve s3z konusu değerlişim istatistik açıdan 3nemli bulunmuştur ($p < 0.05$). UV dozları kendi aralarında kıyaslandığında, en y3ksek artışın en y3ksek dozda meydana geldiği, uygulanan UV dozunun azalması ile L^* değerinde meydana gelen artış miktarının azaldığı belirlenmiştir. Işlem uygulanmadan depolanan kontrol 3rneklerinin depolama s3resince L^* değerlerinin arttığı ve t3m depolama g3nleri için bu artışın istatistik açıdan 3nemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$).

Işlem uygulanan ve uygulanmayan 3rneklerin depolama s3resince a^* değerleri incelendiğinde, past3rizasyon sonrasında depolamaya alınan 3rnekler dışındaki t3m 3z3m sularının (kontrol 3rneği dahil) a^* değerlerinde azalma meydana gelmiş yalnızca past3rizasyon sonrası yapılan depolamada a^* değerinde artış saptanmıştır. T3m işlemler için, 3z3m sularına depolamanın etkisi istatistik açıdan 3nemli bulunmuştur ($p \geq 0.05$).

Kontrol 3rneklerinin a^* değerlerinin depolama boyunca değerlişimi incelendiğinde, ilk 3 depolama g3n3 meydana gelen değerlişim istatistik açıdan 3nemsiz bulunmuş ($p \geq 0.05$), depolama devamında a^* değerinde meydana gelen azalmalar, depolamanın a^* değerini 3nemli şekilde etkilediğini g3stermiştir ($p < 0.05$).

Past3rize edilen 3z3m sularının a^* değerlerinin, t3m depolama periyodu boyunca giderek arttığı belirlenmiş ve başlangıca kıyasla t3m değerlişimler istatistik açıdan 3nemli bulunmuştur ($p < 0.05$). İlk 3 g3n meydana gelen değerlişim sonrası devam eden depolama

periyodunda meydana gelen değişimler, kontrole kıyasla önemli bulunmasına rağmen, 3. günden sonra depolamanın geri kalanında meydana gelen değişim ilk 3 gündeki değişime kıyasla istatistik açıdan önemli bir fark göstermemiştir ($p \geq 0.05$).

Farklı UV dozlarında ışınlama yapılan örneklerin depolama süresince a^* değerlerindeki değişim, diğer işlemler sonrasında yapılan depolama süresince a^* değerlerinde elde edilen değerlere benzer şekilde (pastörizasyon işlemi hariç) değişmiş, tüm dozlar için başlangıca kıyasla üzüm sularında elde edilen bu değişim istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

İki farklı dozda uygulanan gamma ışınlama işlemi sonrasında a^* değerlerinde meydana gelen değişim, UV uygulamasına benzer şekilde saptanmış, başlangıca kıyasla a^* değerleri istatistik açıdan önemli şekilde azalmış ($p < 0.05$), depolama sürelerinin a^* değeri üzerine etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Üzüm sularının b^* değerleri incelendiğinde, 1598 mJ cm^{-1} UV dozunda ışınlama yapılan üzüm sularında depolama boyunca meydana gelen azalma dışında kontrol grubu dahil depolamaya alındıktan tüm üzüm sularının b^* değerlerinde artış gözlenmiştir. Artışın en fazla olduğu örnekler, gamma ışınlama sonrası depolanan üzüm suları olarak belirlenmiştir. Tüm üzüm sularında, depolama süresinin b^* değerine etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Kontrol örnekleri incelendiğinde, işlem uygulanmadan depolamaya alınan tüm üzüm sularında, her bir depolama gününün b^* değeri üzerine etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Pastörize edilen üzüm sularının depolama aşamasında, kontrol örneklerinde elde edilen değerlere benzer şekilde b^* değerinde artış meydana gelmiştir. Kontrol örneğinde artış miktarı % 8 iken pastörizasyon örneğinde bu değer % 56 oranında saptanmıştır. Pastörize meyve sularının depolama boyunca b^* değerindeki değişimler, tüm depolama günlerinde meydana gelmiş ve tüm depolama günlerinin b^* değerine etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

1598 mJ cm⁻¹ UV dozda ışınlanan üzüm sularının depolama periyodunda elde edilen *b** değeri bir miktar azalmış ve depolama sürelerinin *b** değerine etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). 441 ve 239 mJ cm⁻¹ dozlarda uygulanan UV ışınlama sonrasında depolanan örneklerin *b** değerleri ise, yüksek dozda muamele edilen örneklerin depolama periyodunda elde edilen sonuçlardan farklı olarak artış göstermiş ve tüm depolama günlerinin *b** değerine etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05).

Gamma ışınlanan örneklerin *b** değerleri incelendiğinde, 3 kGy dozlanan ürünün depolama aşamasında, *b** değeri 7. güne kadar bir miktar yükselmiş buna karşın ikinci 7 günlük periyotta gerileyerek 3. gündeki seviyesine ulaşmıştır. Buna rağmen 14 günlük periyot sonunda, başlangıçtaki değerine kıyasla üzüm suları daha yüksek bir *b** değerine ulaşmıştır. Tüm değişimlerin başlangıca kıyasla istatistik açıdan önemli olduğu saptanmış (p<0.05) bununla birlikte 3. ve 14. depolama günleri arasında istatistik açıdan bir fark bulunmamıştır (p≥0.05). 5 kGy dozda ışınlama yapılan örneklerde, *b** değeri, 3 kGy dozlanan ürüne kıyasla daha fazla yükselmiş, 3 kGy ve 5 kGy dozlama yapılan örneklerin 14 günlük depolama sonrasında *b** değerlerindeki artış sırasıyla % 4 ve % 4.4 olarak saptanmıştır.

İşlem uygulanan ve uygulanmayan örneklerin depolama periyodunun, üzüm sularının *L**, *a** ve *b** değerleri üzerine etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). Üzüm sularının aydınlık değerini ifade eden *L** değerinin ve *b** değerinde, depolama boyunca genel anlamda bir artış gözlenmiş, *a** değerinde ise depolamanın etkisi azalma yönünde meydana gelmiştir.

Literatür verileri incelendiğinde, üzüm sularının depolama periyodunda elde edilen verilere benzer değişimler saptanmıştır. Kontrol grubu olarak depolanan üzüm sularında, yukarıda ayrıntılı şekilde belirtildiği üzere, depolama boyunca *L** ve *b** değerleri artarken, *a** değeri ise depolama boyunca azalmıştır. Benzer şekilde vişne sularında yapılan çalışmada, kontrol grubu olarak buzdolabı koşullarında depolamaya alınan işlem görmemiş meyve sularında, örneklerin *L**, *a** ve *b** değerleri, çalışmada elde edilen verilerle paralellik göstermiş, *a** değeri azalırken, *L** ve *b** değerlerinde artış rapor edilmiştir (Arjeh ve ark. 2015).

90 °C'de farklı sürelerde (30 ve 60 saniye) uygulanan ısıll işlemler ve yüksek yoğunluklu vurgulu ışınlama yapılan çilek sularının renk değerlerinde, 63 günlük depolama

sonrasında meydana gelen değişiminin incelendiği çalışmada (Aguilo'-Aguayo ve ark. 2009), depolama süresinin yalnızca L^* değerini ve kırmızılığı ifade eden a^*/b^* değerini etkilediği rapor edilmiştir. Depolama boyunca aydınlık değerinde meydana gelen azalma ısıl işlem gören örneklerde rapor edilmiştir. L^* değerindeki söz konusu düşüş, yüksek sıcaklık uygulanan örneklerde meydana gelen koyu renkli bileşenlerden kaynaklandığı belirtilmiştir. Benzer şekilde, çalışmamızda pastörize edilen üzüm sularının L^* değerlerinde zamanla birlikte L^* değerinin düştüğü belirlenmiştir. Bununla birlikte, çilek sularında ısıl olmayan işlem sonrası yapılan depolama denemesinde a^*/b^* değerinin, ısıl işleme kıyasla daha etkin bir biçimde korunduğu rapor edilmiştir (Aguilo-Aguayo ve ark. 2009).

Farklı dozlarda (2.7- 37.5 J/ml) UV ışınlama işlemi uygulanan karpuz suyu örneklerinin işlem sonrasında, 5 °C'de 37 gün boyunca depolanması sırasında, meyve suyunun renk değerleri üzerine depolama süresinin etkisi incelenmiş, L^* değerinin hem kontrol hem de UV ışınlanan örneklerde ilk 2 gün istatistik açıdan önemli şekilde değişmediği belirlenmiş ($p \geq 0.05$), tüm depolama periyodu incelendiğinde ise, depolama süresinin L^* , a^* ve b^* değeri üzerine etkisinin, hem kontrol hem de işlem gören depolama örneklerinde istatistik açıdan önemli bulunduğu rapor edilmiştir ($p < 0.05$) (Feng ve ark. 2013). a^* ve b^* değerleri, depolama süresinin ilerlemesiyle azalırken, L^* değerinde artış saptanmıştır. L^* değerindeki değişimin, stabil olmayan parçacıkların çökmesinden kaynaklanabileceği vurgulanmıştır. Sarılık değeri ya da b^* değeri ise, özellikle 37.5 J/ml gibi yüksek dozda, kontrol grubuna (işlem uygulanmayan meyve suları) kıyasla önemli şekilde azalmıştır ($p < 0.05$). Karpuz suyunda elde edilen veriler, çalışma sonuçlarımızla kıyaslandığında, verilerimize paralel şekilde değişen L^* değerindeki artış ve a^* değerindeki düşüş, üzüm sularında elde edilen verilere benzer şekilde değişmiş, b^* değeri ise yine benzer şekilde en yüksek dozda UV ışınlanan ürünün depolanması süresince azalmıştır. Mantar yüzeyine uygulanan UV-C ışınlama sonrasında depolanan örneklerde elde edilen sonuçlar, UV-C ışınlandıktan sonra depolamaya alınan örneklerden kısmen farklı bulunmuş, çalışmamızdan farklı şekilde L^* değerinde depolama süresiyle paralel şekilde azalma meydana gelirken a^* ve b^* değerlerinde depolama süresi uzadıkça artış meydana gelmiştir (Guan ve ark. 2012). UV-C ışınlama işlemi sonrasında, 4 °C'de 16 gün depolanan havuç suyu örneklerinde renk değerleri incelenmiş, UV ışınlanan örneklerde, renk değerleri çalışma bulgularımızla paralel şekilde değişmiş ancak çalışmamızdan farklı şekilde, kontrol, pastörize ve UV ışınlanan örneklerde, depolama süresince L^* , a^* ve b^* değerlerinde meydana gelen söz konusu değişimlerde, istatistik açıdan önemli bir fark saptanmamıştır (Riganakos ve ark. 2017).

Ananas sularında ısıl işleme alternatif olarak kullanılan UV ışınlatma sonrasında yapılan 13 haftalık depolama işleminde, tüm ananas sularının parlaklığının azaldığı ancak UV ışınlanan örneklerde renk değerlerinin, ısıl işlem görenlere kıyasla çok daha iyi korunduğu rapor edilmiştir (Chia ve ark. 2012).

Gamma ışınlanan örneklerin depolanması sırasında renk değerlerindeki değişimin incelendiği çalışmada, 4 °C'de 60 gün depolanan vişne sularında, üzüm sularının depolama sürecinde L^* ve b^* değerlerinde meydana gelen artış ile a^* değerinde meydana gelen azalmaya benzer şekilde sonuçlar elde edilmiştir (Arjeh ve ark. 2015). Vişne sularında elde edilen tüm bu değişimler istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). 2 farklı dozlamaya yapılan (1 ve 2 kGy) ananas meyvesinin L^* , a^* ve b^* değerine 15 günlük depolama süresinin etkisinin incelendiği çalışmada, depolamanın 3. gününde kontrol dahil tüm örnekler istatistik açıdan önemli bir şekilde L^* değerinde en yüksek ortalama değere ulaşmıştır (Perecin ve ark. 2011). 15 günlük depolama periyodu incelendiğinde ise, ananas meyvesinin renk değerleri üzerine depolama süresinin etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$). Gamma ışınlamada depolama boyunca elde edilen sonuçlar, hint hurması suyunun gamma ışınlatma sonrasında depolama denemelerinde elde edilen sonuçlarla benzer şekilde bulunmuştur. Renk değişiminin incelendiği çalışmada, depolama aşamasında renk değerlerinin gelişim gösterdiği ve L^* değerinde artış meydana gelerek daha parlak bir görünüme sahip olduğu rapor edilmiştir (Lee ve ark. 2009). Depolama boyunca tüm ışınlanan örneklerde parlaklık değerinin arttığı bununla birlikte kırmızılık ve sarılık (a^* ve b^*) değerlerinin düştüğü belirtilmiştir. Hem taze hem de depolanan ürünlerde rengin gelişerek taze haldeki ya da ışınlatma yapılmadan depolanan (kontrol) meyve sularına kıyasla panelistler tarafından daha tercih edilebilir bir renk oluştuğu vurgulanmıştır.

Farklı işlemler sonrası 4 °C'de 14 günlük depolama periyoduna alınan üzüm sularının toplam renk değişim (ΔE) değerleri Çizelge.4.30'da verilmiştir. Toplam renk değişim değerleri incelendiğinde, tüm işlemler sonrası, depolama sürelerinin üzüm sularının ΔE değerlerine etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). ΔE değerleri, Cserhalmi ve ark. (2006)'na göre değerlendirildiğinde, işlem görmeden depolamaya alınan kontrol örneklerinde tüm değişimler, gözle görülür seviyenin alt limiti olan 3.0 değerinin altında kalmıştır. Bu açıdan duyusal analizde panelistler tarafından yapılan değerlendirme ile tutarlı bir sonuç elde edilmiştir. Pastörizasyon işlemi sonrasında depolamaya alınan örneklerde de kontrol örneklerine benzer ΔE değerleri saptanmıştır. En yüksek renk değişim değerleri ise

pastörizasyon sonrası depolama başlangıcı ve 7. günün sonunda elde edilmiştir. Depolama boyunca tüm ΔE değerleri gözle görülür değişim limitinin altında kalmıştır. UV ışınlama sonrasında depolamaya alınan örneklerde, en yüksek dozlama yapılan üzüm sularının depolaması sırasında en yüksek ΔE değeri depolamanın 1. ve 7. günlerinde saptanmıştır. Gamma radyasına maruz bırakılan üzüm sularında ise depolama sırasında elde edilen en yüksek renk değişim değerleri gözlenmiştir. Gözle görülür olarak nitelendirilen $3.0 < \Delta E < 6.0$ değerinde üstündeki değerlerin elde edildiği depolama periyodu boyunca özellikle 5 kGy dozda ışınlanan örnekler için depolama başlangıcından itibaren elde edilen ΔE değerleri önemli derecede yüksek değerler olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.30. Depolama boyunca üzüm sularının ΔE değerlerinin değişimi

İşlem*	ΔE Değeri					
	0.gün	1.gün	3.gün	5.gün	7.gün	14.gün
Kontrol	-	2,87±0,02 ^a	1,03±0,01 ^b	2,33±0,01 ^c	1,77±0,00 ^d	1,48±0,01 ^e
Pastörizasyon	2,47±0,02 ^a	1,15±0,00 ^b	1,72±0,01 ^c	1,49±0,01 ^d	2,16±0,02 ^e	0,69±0,02 ^f
1598 mJ cm ⁻²	1,35±0,02 ^a	3,42±0,02 ^b	2,80±0,02 ^c	2,67±0,00 ^d	3,84±0,00 ^e	2,07±0,03 ^f
441 mJ cm ⁻²	0,58±0,02 ^a	0,76±0,02 ^b	1,14±0,02 ^c	1,03±0,00 ^d	1,12±0,00 ^c	2,07±0,00 ^d
239 mJ cm ⁻²	0,83±0,03 ^a	1,35±0,03 ^b	3,22±0,01 ^c	2,79±0,01 ^d	0,64±0,02 ^e	1,61±0,02 ^f
γ -3kGy	1,67±0,74 ^a	9,40±0,00 ^b	4,07±0,06 ^{cf}	4,62±0,05 ^c	5,82±0,02 ^e	4,00±0,06 ^f
γ -5kGy	5,03±0,54 ^a	9,73±0,02 ^b	12,36±0,00 ^c	14,35±0,02 ^d	12,27±0,02 ^c	9,78±0,02 ^b

*Aynı satırda bulunan harfler, işlem sonrası depolama süresinin istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi içerisinde kıyaslanmaktadır ($p < 0.05$).

Sonuç olarak, literatür verileri incelendiğinde, renk değerlerinde rapor edilen sonuçlar, üzüm sularında elde edilen sonuçları destekler niteliktedir. Isıl olmayan işlemlerin, meyve suyu gibi ürünlerde rengin korunmasına daha fazla katkı sağladığı yönündeki literatür değerlendirmeleri, çalışma verilerimizle bir kez daha ortaya konulmuştur. Özellikle üründeki parlaklık değerini anlatan L^* değerinin ısı işlem dışındaki tüm örneklerde depolama süresince korunması hatta gelişimi olumlu bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. L^* değerinin depolama süresince korunmasına, stabil olmayan meyve suyu parçalarının çökmesinde katkı sağlamış olabileceği literatürde rapor edilmiştir. Üzüm sularının kırmızılık değerlerinde meydana gelen düşüş ise, örneklerin depolama boyunca renk değerlerinin koyulaşmadığını göstermesi bakımından olumlu bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, b^* değerinde meydana gelen artışında, ürünün kendine özgü renginin korunduğu hatta literatürdeki bazı

çalışmalarda belirtildiği şekilde, renkte olumlu yönde bir gelişimin de göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, karotenodilerin oksidasyona uğraması, cis/trans değerlişimleri, depolamanın bir sonucu olarak epoksit halkalarında meydana gelen değerlişimler, örneklere renk değerlişimine neden olan diğer faktörler olarak rapor edilmiştir (Esteve ve ark. 2005, Chia ve ark. 2012).

4.6.15. Depolama Süresince Duyusal Özelliklerdeki Değerlişimler

Gıdaların dayandırılması amacıyla etkinliği araştırılan işlemlerin, üründeki mikrobiyal yük ve enzimlerin inaktif hale getirilmesinin yanı sıra ürünün duyusal özelliklerini değerliştirmemesi ya da minimum değerlişime neden olması, araştırılan işlemin kabul edilebilirliğini etkileyen en önemli kriterlerdendir. Bu nedenle, bir işlemin ürünün mikrobiyolojik raf ömrünü uzatmasının yanı sıra raf ömrü boyunca duyusal anlamda da kabul edilebilirliğini koruması önemlidir. Üzüm sularının mikrobiyal raf ömrü ve diğer kalite kriterlerini belirlemenin yanı sıra duyusal olarak tüketici algısını ölçmek ve işlemlerin üzüm sularında herhangi bir duyusal değerlişime sebep olup olmadığını değerlendirmek amacıyla görünüş, renk, tat ve koku özellikleri duyusal değerlendirmeye alınarak, işlemler ve depolama aşamasındaki değerlişimlerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Pastörizasyon, farklı dozlarda UV ışına maruz kalan üzüm sularının depolama boyunca görünüş, renk, koku ve tat değerlerindeki değerlişimler Çizelge 4.31' de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Depolama boyunca üzüm sularının görünüş, renk, tat ve koku değerleri

GÖRÜNÜŞ			
Günler	0	7	14
Kontrol	4.0±0.3 ^a	3,4±0.2 ^a	3,6±1.0 ^a
Pastörizasyon	3,4±0.6 ^a	3,3±0.8 ^a	3,7±0.0 ^a
1598 mJ cm ⁻²	3.5±0.4 ^a	3.0±0.6 ^{ab}	2.6±0.3 ^b
441 mJ cm ⁻²	4.1±1.2 ^a	3.6± ^a	3.8± ^a
239 mJ cm ⁻²	3.6±0.9 ^a	3.5±0.8 ^a	4.0±1.2 ^a
RENK			
Günler	0	7	14
Kontrol	3.8±0.3 ^a	3,8±0.2 ^a	4,0±1.0 ^a
Pastörizasyon	2,7±0.6 ^a	2,5±0.9 ^a	3,5±0,6 ^a
1598 mJ cm ⁻²	3.2±0.7 ^a	3.3±0.3 ^a	2.7±0.3 ^a
441 mJ cm ⁻²	4.0±0.9 ^a	3.6± ^a	3.9± ^a
239 mJ cm ⁻²	3.8±1.0 ^a	3.5±0.9 ^a	4.3±1.2 ^a
KOKU			
Günler	0	7	14
Kontrol	3.5±0.3 ^a	3,5±0.7 ^a	4,0±0.3 ^a
Pastörizasyon	2,9±0,1 ^a	3.3±0.1 ^a	3.3±0,9 ^a
1598 mJ cm ⁻²	3.2±0.2 ^a	3.0±0.6 ^a	2.9± ^a
441 mJ cm ⁻²	3.7±0.8 ^a	3.6±1.1 ^a	3.7±0.9 ^a
239 mJ cm ⁻²	3.8±1.2 ^a	4.1±0.8 ^a	4.2±0.6 ^a
TAT			
Günler	0	7	14
Kontrol	3.4±0.4 ^a	3,8±0.5 ^a	4,5±0.5 ^a
Pastörizasyon	2.8±0.3 ^{ab}	2.1±0.5 ^a	3.7±1.0 ^b
1598 mJ cm ⁻²	3.0±0.7 ^a	3.5±0.7 ^a	2.9±1.0 ^a
441 mJ cm ⁻²	3.3±1.0 ^a	3.9±0.9 ^a	3.8±1.3 ^a
239 mJ cm ⁻²	3.8±1.1 ^a	4.3±0.8 ^a	4.3±0.8 ^a

Aynı satırda bulunan harfler, işlem sonrası depolama süresinin istatistiksel farkını göstermekte ve her işlem kendi içerisinde kıyaslanmaktadır (p<0.05).

Duyusal analiz sonuçları değerlendirildiğinde, üzüm sularının renk ve koku özellikleri üzerine depolamanın istatistik açıdan önemli bir etkisi olmadığı saptanmıştır ($p \geq 0.05$). Görünüş değerlendirmesinde ise, yalnızca en yüksek dozda uygulanan UV işlemi sonrasında gerçekleştirilen depolama işleminin, görünüş puanında istatistik açıdan önemli bir düşüşe neden olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Pastörize edilen örnekler dışında depolanan örneklerin tat değerlerine etkisi istatistik açıdan önemli şekilde değişmemiştir ($p \geq 0.05$). Pastörizasyon işlemi uygulanan ürünlerde ise, depolamanın ürünün duyuusal anlamda tadını olumlu şekilde etkilediği saptanmıştır.

Depolama süresince görünüş özelliğinde meydana gelen değişim istatistik açıdan yalnızca en yüksek UV dozunda gerçekleşmesine karşın, puanların değişimi değerlendirildiğinde, en düşük doz olan 441 mJ cm^{-1} 'de görünüş özelliğinin aldığı puan depolama boyunca artış göstermiş, diğer tüm uygulamalarda kontrol dahil bir miktar azaldığı belirlenmiştir. İstatistik açıdan değerlendirildiğinde ise en yüksek doz olan 1598 mJ cm^{-1} doz uygulanan örnekler dışında depolamanın görünüşe etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$). 1598 mJ cm^{-1} dozda yapılan uygulama sonrasında bir haftalık depolama süresince istatistik açıdan bir fark saptanmazken ikinci 7 günlük süreç sonunda görünüşün önemli şekilde değiştiği saptanmıştır ($p < 0.05$).

Duyusal açıdan renk özellikleri değerlendirildiğinde, üzüm sularında meydana gelen değişimler üzerine depolamanın etkisi istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur ($p \geq 0.05$). 1598 ve 441 mJ cm^{-1} dozda uygulanan işlemlerde renk puanlarında bir miktar azalma saptanmış diğer işlemler ve kontrol grubunda ise 14 günlük depolama sonrasında, panelistler tarafından renk, başlangıca kıyasla daha kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir.

Meyve suyunun aromasını oluşturan bileşenlerden biri olan meyveye özgü kokunun depolama süresince değişimi incelendiğinde, kontrol, pastörizasyon ve 239 mJ cm^{-1} dozda muamele sonrası depolanan örneklerde meyve suyu kokusu daha çok beğenilmiş, diğer üzüm sularında ise koku değerleri bir miktar azalma saptanmıştır. Ancak üzüm sularının depolanması sırasında meydana gelen tüm bu değişimler istatistik açıdan önemli bir fark yaratmamıştır ($p \geq 0.05$).

Üzüm sularının koku ile birlikte kendine özgü meyve suyu aromasını oluşturan tat özelliği, tüketici algısını ve ürünün tercih edilebilirliğini etkileyen en önemli faktör olarak

değerlendirilmektedir. Üzüm sularının aldığı puanlar değerlendirildiğinde, kontrol örnekleri ile pastörizasyon, 1598 mJ cm⁻¹ doz dışındaki tüm uygulamalar, örneklerin tat puanlarında bir miktar artışa neden olmuş, en yüksek doz olan 1598 mJ cm⁻¹ dozda işlem gören üzüm sularında ise depolama süresi, tat puanını bir miktar azaltmıştır. İstatistik açıdan değerlendirildiğinde ise, pastörizasyon işlemi sonrası depolanan üzüm suları dışındaki hiçbir işlemin, üzüm sularının tat değerlerini önemli şekilde etkilemediği belirlenmiştir (p≥0.05). Pastörizasyon işleminde ise ilk bir haftalık periyotta, tat değerinde istatistiksel bir fark gözlenmezken (p≥0.05) ikinci haftanın sonunda panelistler tarafından, başlangıca kıyasla daha tercih edilebilir bir meyve suyu tadı oluştuğu yönünde değerlendirme yapılmıştır (p<0.05).

Isıl işlem ve UV ışınlanan havuç sularının depolama süresince duyuşal özelliklerinin değişiminin incelendiği çalışmada, hem ısıl işlem gören hem de UV ışınlama yapılan örneklerin depolama aşamasında, duyuşal puanların en düşük kabul edilebilirlik limitinin üstünde kaldığı saptanmıştır (Riganakos ve ark. 2017). Çalışmamızdan farklı şekilde havuç sularında yapılan çalışmada, işlem uygulanmadan kontrol grubu olarak depolamaya alınan havuç suyu örneklerinde, depolamanın 4. gününde havuç sularının duyuşal olarak kabul edilebilirlik limitinin altında kaldığı rapor edilmiştir (Riganakos ve ark. 2017).

Gamma ve UV ışınlama sonrası depolamaya alınan havuç sularının duyuşal özelliklerine depolama süresinin etkisinin incelendiği çalışmada, havuç suyuna uygulanan işlemlerin duyuşal tercih edilebilirliğe etkisinin istatistik açıdan önemsiz olduğu, meyve sularına uygulanan 3 günlük depolama süresinin ise meyve sularının değerlendirme puanlarında düşüşe neden olduğu belirlenmiştir (Jo ve Lee 2012). Depolama süresi sonunda kontrol örneği, tüm dozlardaki ısıl olmayan işlemlerden daha düşük puan almış buna karşın UV işlemi ile kontrol örneği arasında istatistik açıdan önemli bir fark saptanmıştır (p<0.05). Farklı hasat zamanlarında toplanan narların tanelerine uygulanan UV ışınlama işlemi sonrasında 16 günlük depolama periyoduna örneklerin, aroma, tat, sıklık, genel görünüş, renk, esmerleşme ve dehidrasyon parametreleri değerlendirilmiş, hasat süresinin farklılığına göre genel görünüş değerlendirmesinde erken hasat edilen ürünler, kabul edilebilir limitin altına 15. gün düşerken geç hasat edilen ürünler, söz konusu limitin altına 10. gün düşmüşlerdir (Lopez- Rubira ve ark. 2005). Taze kesilmiş kavun dilimlerine uygulanan UV-C ışınlama işlemi takiben 6 °C’de 14 günlük depolama sonrasında, kavun dilimlerinin dokusu ve meyvenin sululuk özelliklerine, depolama süresinin hem kontrol hem de UV ışınlanan meyvelerde istatistik açıdan önemli bir etkisi bulunmamıştır (p≥0.05). Meyvenin kendine

özgü aromasında ise bir haftalık periyot sonunda kontrol örnekleri önemli şekilde azalırken ($p<0.05$) UV ışınlanan örneklerde istatistik açıdan önemli bir fark saptanmamıştır ($p\geq 0.05$) (Manzocco ve ark., 2011). Sonuç olarak bir haftalık depolama periyodu sonrasında UV-C ışınlanan örnekler kontrol grubuna göre tercih edilen ürünler olarak rapor edilmiştir. Çileklere uygulanan UV-C (0.5 kJ/m^2) ışınlama sonrasında depolanan örneklerin, 7. depolama günü sonunda duyu özelliklerinin önemli şekilde geliştiği rapor edilmiştir ($p<0.05$) (Darvishi ve ark. 2012). Benzer şekilde en düşük doz olan 239 mJ cm^{-1} UV dozunda, depolama sonrasında üzüm sularının tüm duyu kriterlerinde artış gözlenmiş ancak istatistik açıdan önemli bir fark yaratmamıştır. İnek sütünde UV ışınlama sonrası $4 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de depolanan süt örneklerinde yapılan duyu analiz sonucu, hissedilebilir süt kokusunda değişimin, UV ışınlanan ve ışınlanmadan depolanan örneklerde sırasıyla, depolamanın 3. ve 7. günlerinde tespit edildiği rapor edilmiştir (Bandla ve ark. 2012).

Sonuç olarak, literatür verilerine benzer şekilde panelistler tarafından belirlenen duyu kalite özellikleri üzerine depolama aşaması neredeyse etki etmemiş, istatistik açıdan önemli değişimler yalnızca görünüş ve koku özelliklerinde meydana gelmiş, depolama süresi, en yüksek doz olan 1598 mJ cm^{-1} dozda uygulanan işlem sonrası depolamaya alınan örneklerde görünüşte olumsuz, pastörizasyon işlemi sonrasında depolamaya alınan örneklerde ise tatla olumlu açıdan istatistiksel bir farka neden olmuştur ($p<0.05$).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye açısından ekonomik değeri olan ve genellikle şarap üretiminde kullanılan buna karşın Avrupa ülkelerinde meyve suyu olarak tüketimi bulunan *Vitis vinifera* L. cinsi beyaz üzümde elde edilen üzüm suyunun mikrobiyolojik yükünün azaltılması için bir ısı işlem olan pastörizasyona alternatif olarak ultraviyole (UV) ışınlama ve gamma (γ) radyasyon yöntemlerinin etkinliği araştırılmış ve + 4 °C sıcaklıktaki depolama koşullarının raf ömrüne etkisi belirlenmiştir. Yaygın olarak kullanılan ve aynı zamanda birçok üründe sıklıkla tercih edilen bir dayandırma yöntemi olan pastörizasyona alternatif işlemlerin araştırılmasında ölçüt, mikrobiyolojik kriterleri sağlamanın yanı sıra söz konusu hedeflere ulaşırken işlemlerin kaliteye etkisinin de belirlenmesi olmuştur. Bu sayede, standartlarda öngörülen mikrobiyolojik kriterleri ürün kalitesinde en az değişimle, ısı işlemi gerek duyulmadan alternatif teknolojiler ile sağlayan ve raf ömrü boyunca bu özellikleri koruyan işlem koşullarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Bu amaçla özellikle meyve sularının muhafazasında yaygın olarak kabul gören bir dayandırma yöntemi olan ve çalışmada kullanılacak ısı işlem normları literatür çalışmaları ışığında 85° C'de 15 dakika olarak tespit edilen pastörizasyon işlemi, çalışma kapsamında tasarlanan yansız akış yollu UV reaktörde ön denemelerle belirlenmiş üç farklı UV dozu (1598 mJ cm⁻¹, 441 mJ cm⁻¹, 239 mJ cm⁻¹), literatür taramalarının yanı sıra işletme bünyesinde gerçekleştirilen önceki uygulama ve çalışmalar göz önünde bulundurularak belirlenen 3 ve 5 kGy olmak üzere iki farklı γ radyasyon dozajı ve kontrol grubu olarakta ham halde temin edilen üzüm suyu kullanılmıştır.

Uygulanan işlemlerin üzüm sularının mikrobiyal yüklerine etkisi incelendiğinde, başlangıca kıyasla tüm işlemlerin bakteriyel populasyon üzerinde farklı düzeyde olmakla birlikte azaltıcı etkisi olduğu saptanmıştır. Bakteriyel yük üzerinde ısı olmayan işlemlerin inaktivasyon etkinliğinin ısı pastörizasyon işlemine kıyasla fazla olduğu, gamma ışınlama işlemi için dozun artışı ile paralel şekilde etkinin arttığı, UV işleminde ise kullanılan reaktörün özelliklerinin etkiyi değiştirebildiği saptanmıştır. Uygun ve etkin bir reaktör tasarımı ile daha az ışın dozu uygulanarak daha yüksek inaktivasyon değerlerine ulaşılabildiği belirlenmiştir. Isıl işlemde meydana gelen azalma ile kıyaslandığında her iki ısı olmayan uygulamanın ısı pastörizasyondan daha etkin olduğu ve bakteriyel yükün azaltılmasında ısı pastörizasyona alternatif oluşturabileceği söylenebilir. Isıl olmayan işlemler açısından ise,

dozun azalmasıyla inaktivasyon etkisinin artması nedeniyle UV-C ışınlama işleminin, etkin bir reaktör tasarımı ile gamma ışınlamaya kıyasla endüstriye uygulanabilirliğinin fazla olduğu söylenebilir.

İşlemlerin fungal yük üzerine etkisi, bakteriyel popülasyona etkisine benzer şekilde saptanmış ve tüm işlemlerin kontrol örneğine kıyasla fungal yük üzerine inhibe edici etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuştur. En etkin işlemler ise bakteriyel yükte elde edilen sonuçlara benzer şekilde, analize alınan kontrol örneklerindeki fungal yükte % 99,99 azalma sağlayan yüksek dozdaki gamma ışınlama ile tüm dozlarda uygulanan UV-C ışınlama işlemleri olarak belirlenmiştir. Fungusların ışına karşı daha dirençli yapılar olduğu göz önüne alındığında, UV işlem dozları ve yüksek gamma radyasyon dozlarında fungal yükte % 99'un üzerinde inhibisyon sağlanması önemli bir bulgudur. Bakteriyel yük üzerindeki etkiye benzer şekilde, gamma ışınlama işleminde doz artışı ile inaktivasyon etkisinin arttığı, UV-C ışınlama işleminde ise dozun bir miktar azalmasıyla etkinin arttığı saptanmıştır.

Mikrobiyolojik değerlendirme sonrası elde edilen sonuçlar, araştırmada sağlanmak istenen -pastörizasyona alternatif işlemler önerme- hedefini sağlaması açısından olumlu olarak değerlendirilmiştir. Bu hedeflere ulaşılırken, gamma ışın dozunun artmasına paralel şekilde inaktivasyon etkinliğinin arttığı, UV uygulamasında ise, ışın dozunun azalmasıyla etkinin arttığı görülmüştür. UV ışınlama işleminde daha az dozlama ile daha yüksek inaktivasyon etkisinin sağlanması, söz konusu işlemi, iyonize radyasyon türü olan gamma ışınlama işleminden daha kabul edilebilir kılması açısından önemli bir sonuçtur.

Sağlık üzerine yararlı etkileri bilinen ve son yıllarda kanser gibi vakaların artışıyla daha da önemli hale gelen antioksidan aktivite gösteren maddeler ile fenolik bileşenlerin miktarları, çalışmalarda daha sık araştırılmaya başlananan bileşenler olarak karşımıza çıkmaktadır. Üzüm sularının antioksidan aktivitesi tüm işlemler sonrasında bir miktar artmış ancak ısı olmayan işlem gören üzüm sularında pastörizasyona kıyasla artış yüksek miktarlarda saptanmıştır. Özellikle yüksek dozda uygulanan UV işlemi, üzüm sularının antioksidan aktivitesinde, diğer UV dozları ve gamma ışınlamayı geride bırakarak üzüm suyunun antioksidan aktivitesine katkı sağlamıştır. Sağlık açısından yararları sıkça vurgulanan fenolik madde özelliği gösteren bileşenlerin miktarları da benzer şekilde değişmiş yalnızca pastörizasyon işleminde üzüm sularının toplam fenolik bileşen miktarlarında azalma saptanmıştır. Isıl olmayan işlemler, pastörizasyon işlemine kıyasla antioksidan aktiviteye sahip bileşenlerin ve benzer şekilde

fenolik bileşenlerin miktarlarının artışı bakımından olumlu sonuçlara neden olmuştur. Fenolik bileşenlerin miktarındaki artış, antioksidan aktivitedeki artışa benzer şekilde UV ışınlamada, gamma ışınlanan üzüm sularına kıyasla daha fazla elde edilmiştir. Toplam monomerik antosiyaninler, fenolik karakter gösteren bileşenlerden bir grubu oluşturmaktadır. Fenolik bileşenlerin aksine, tüm işlemlerden olumsuz yönde etkilenmiş ve miktarları hem ısıtılma hem ısıtılmayan işlemler sonrasında azalmıştır. Bununla birlikte UV işlemi, diğer işlemlere kıyasla daha şiddetli bir azalmaya neden olmuş ve ışın dozunun artmasıyla bu etki hızlanmıştır. Gamma ışınlama ise antosiyaninlere en az zarar veren işlem olarak saptanmıştır.

Enzim aktivitesi, özellikle meyve suyu gibi ürünlerde en az mikrobiyolojik kriterler kadar önemli hatta bazı durumlarda ürünün bozulmasında mikrobiyolojik etkenlerden daha etkili bir kriterdir. Bu nedenle meyve suyu gibi ürünlerde hem renkte hem de besin bileşenlerinde kaybı önlemek ve ürünün raf ömrünü uzatmak amacıyla üründeki enzimlerin inaktif hale getirilmesi önem arz etmektedir. Çalışma kapsamında analizi yapılan polifenol oksidaz (PPO) enzimi üzerine işlemlerin etkisi incelendiğinde, diğer analizlerden farklı olarak pastörizasyon işleminin çok başarılı olduğu ve ısıtılma işlemi ile PPO enziminin tamamen inaktif hale geldiği saptanmıştır. Isıtılmayan işlemler ise, pastörizasyonun aksine enzim aktivitesinde istatistiksel açıdan önemli bir artışa sebep olmuştur ($p < 0.05$). PPO enzim aktivitesindeki artış miktarları kıyaslandığında ise UV işleminin, gamma ışınlamaya kıyasla daha yüksek bir artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Üzüm sularında meydana gelen enzim aktivitesi artışının, dolaylı olarak rengin esmerleşmesine katkıda bulunacağı düşünülürse, enzim aktivitesinde meydana gelen bu artış, ısıtılmayan işlem uygulanan üzüm sularının renk değerleri incelendiğinde, meyve suyu rengine koyulaşma olarak etki etmemiş aynı zamanda duyu analizi sonucunda da renk özelliğine önemli bir etkisi saptanmamıştır.

Maillard reaksiyonu ara ürünü olan ve aynı zamanda karisnojenik bir bileşik olması nedeniyle de gıdalarda bulunması veya uygulanan işlemler sonucu oluşması veya miktarının artması istenmeyen bir bileşik olan hidroksimetilfurfural (HMF), üzüm sularına uygulanan işlemlerde, kaliteyi etkileyen bir diğer kriter olarak değerlendirilmiştir. Başlangıçta 43,31-78,41 mg/L olarak saptanan HMF miktarları tüm işlemler sonucu 56,43 – 109,08 mg/L aralığında değişmiştir. Pastörizasyon dışındaki tüm işlemlerin HMF miktarı üzerine etkisi önemli bulunmuş ($p < 0.05$), işlemlerden gamma radyasyon HMF miktarında azalmaya sebep olurken UV ışınlama uygulamasında tüm dozlar HMF miktarında artışa neden olmuştur ($p < 0.05$). Gamma radyasyon uygulamasında doz artışı HMF miktarı üzerine ters yönde etki

yaparken UV ışınlama işleminde UV ışığa maruz kalma süresi arttıkça HMF miktarında önemli bir artış meydana gelmiştir ($p<0.05$). Kontrol örneğine kıyasla en yüksek HMF miktarı en yüksek UV dozunda elde edilmiştir ($p<0.05$).

Üzümde besleyici değeri olmayan ancak koruyucu ve hastalık önleyici özelliklere sahip bitkinin kendisini koruma amaçlı ürettiği ancak son yıllarda yapılan çalışmalarda insan vücudunda hastalıklara karşı etkili olduğu kanıtlanan fitokimyasallardan *trans*-resveratrol, özellikle üzüm kabuğunda yüksek miktarda bulunan polienolik özellikteki bir sekonder metabolittir. Üzümde elde edilen üzüm suyunda ise tahmin edileceği gibi daha az miktarda bulunmaktadır. Kırmızı üzüm sularında beyaz üzüm suyuna kıyasla bulunduğu miktarlar daha da düşüktür. Araştırma kapsamında *trans*-Resveratrol miktar analizi gerçekleştirilmiş, araştırma bulguları kısmında belirtilen kromatografik şartlarda, resveratrol standart eğrisi çizilmesine karşın üzüm sularında resveratrol cihazın saptama limitlerinin altında kalmıştır.

Lipofilik organik bir bileşen olan ve ısı işlem gören katı gıdalar ve içeceklerde oluşması muhtemel bir bileşik olan furan (C_4H_4O), Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı gibi birçok kuruluş tarafından potansiyel insan karsinojeni olarak sınıflandırılmıştır. Özellikle bebek mamaları, konserve gıdalar, kahve, meyve suları gibi ısı işlem gören ürünler, furan açısından potansiyel riskli gıdalar olarak değerlendirilmektedir. Araştırma kapsamında metod bölümünde belirtilen kromatografik şartlarda gerçekleştirilen analizler sonrasında cihaz furan standardını saptamış ancak taze sıkılmış üzüm sularında furan saptanmamıştır. Pastörizasyon, gamma radyasyon ve UV işlemleri sonucunda ürünlerde furan bileşiğine rastlanmamıştır. Furan gibi karsinojenik bir bileşiğin üzüm sularında pastörizasyon gibi bir ısı işlemi yanı sıra, gamma radyasyon ve UV gibi ısı olmayan işlemler sonucunda oluşmaması araştırmanın olumlu sonuçlarından biri olarak değerlendirilmiştir.

Üzüm sularının kül miktarı, brix, pH ve titrasyon asitliği değerlerine işlemlerin önemli bir etkisi saptanmamıştır ($p\geq 0.05$).

Üzüm sularının renk değerlerini oluşturan tüm parametrelerde, kontrol örneklerine kıyasla istatistik açıdan önemli değişimler gözlemlenmiştir. L^* değerinde meydana gelen artış, işlemler sonrasında ürünün parlaklığının arttığını dolayısıyla ürünün kontrol örneğine kıyasla daha saydam ve parlak bir görünüm kazandığını göstermiştir. Lietratürde L^* değerinde meydana gelen düşüş, meyvenin doğal renginden uzaklaşarak daha esmer bir görünüm alması

olarak değerlendirilmekte, bu açıdan işlemler sonrasında elde edilen artış, üzüm sularının L^* değeri açısından, işlemlerin olumlu anlamda katkı sağladığı yönünde değerlendirilmiştir. Diğer bir renk parametresi olan a^* değerinde ise, işlemler sonrasında, azalma meydana gelmiş ve bu değişim beyaz üzüm suyu gibi açık renkli bir üründe kırmızılığın aksine yeşil renkte artış olduğunu göstermiştir. L^* ve a^* değerlerinde elde edilen bu değişimler, literatür verileri ışığında meyve suyunun yapısında bulunan ya da sonradan oluşan pigmentlerin işlemler sonucu tahrip olması sonrası ortaya çıkan olumlu bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. b^* değerinde ise, diğer renk parametreleri gibi keskin ve tek düze değişimler gözlenmemiş, gamma ışınlama, pastörizasyon ve en yüksek UV dozunda değerinde azalma, diğer işlemlerde ise artış saptanmıştır. b^* değerinin pozitif yönde ilerlemesi, sarılık değerinin arttığını göstermiştir.

Duyusal analiz sonuçları değerlendirildiğinde ise, görünüş, renk, koku ve tattan oluşan değerlendirme kriterlerinden, pastörizasyonun renk değerine olumsuz bir etki yaptığı, UV işlemlerinin de koku özelliğine olumlu olarak katkı sağladığı, bunun dışında işlemlerin duyu özellikleri üzerine önemli bir etkisinin bulunmadığı saptanmıştır ($p \geq 0.05$).

Uygulanan işlemlerin üzüm sularının raf ömrüne etkisi incelenerek her bir işlem sonrası depolamaya alınan örneklerin 4 °C'de 14 gün boyunca söz konusu özelliklerinin değişiminin saptanması hedeflenmiştir.

Literatürde, meyve sularının mikrobiyolojik raf ömrü olarak, mikrobiyal yük limitinin, 6 log kob/ml olarak belirlendiği saptanmıştır. Üzüm sularının mikrobiyolojik raf ömrü incelendiğinde, tüm işlemler için, toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı, 14 günlük depolama süresince söz konusu limitin çok altında kalmıştır. Pastörizasyon işlemi sonrasında yapılan depolama süresince hiçbir gelişim gözlenmezken, UV işleminin, gamma ışınlama ve işlem uygulanmadan depolamaya alınan örneklerle kıyasla, mikrobiyolojik kaliteyi daha uzun süre koruyabildiği ve 14. gün itibariyle mikrobiyolojik raf ömrünü güvenilir seviyelerde sağladığı belirlenmiştir. Fungal yükte depolama boyunca meydana gelen değişim incelendiğinde ise, pastörizasyon işleminin yanı sıra bakteriyel populasyon üzerine etkiden farklı olarak gamma ışınlamanın fungal yük üzerine etkisinin fazla olduğu görülmüştür. Türk Gıda Kodeksi'ne göre meyve suları ve nektarlarda fungal yük için 3 log kob/ml olarak belirlenen kabul edilebilir maksimum limitin, yalnızca işlem uygulanmadan depolanan üzüm suyu örneklerinde aşıldığı saptanmıştır. Bununla birlikte depolama boyunca tüm işlemlerde

fungus yük gelişiminin yavaş seyrettiği saptanmıştır. Mikrobiyal raf ömrü açısından olumlu sonuçların elde edildiği depolama aşamasında, üzüm sularının antioksidan aktivitesi de incelenmiş, depolama süresince en yüksek kontrol örneklerinde olmak üzere üzüm sularının antioksidan aktivite değerlerinde artış saptanmıştır. Depolama süresinin üzüm sularının toplam fenolik madde miktarları ile toplam monomerik antosiyanin miktarları üzerine etkisi istatistik açıdan önemli bulunmuş ve tüm üzüm sularında miktarlarının azaldığı saptanmıştır. Depolama süresinin enzim aktivitesi üzerine etkisi incelendiğinde, depolama süresinin üzüm sularının PPO enzim aktivitesi üzerine istatistik açıdan önemli bir etki yarattığı ve enzim aktivitesinin giderek azaldığı saptanmıştır. Depolama süresi, meyve suyunun inorganik bileşen miktarında bir değişim yaratmamış ve sürenin kül miktarına önemli bir etkisi bulunmamıştır. Suda çözünür toplam kuru madde miktarı ise ısı olmayan işlemlerde sabit kalırken pastörizasyon işlemi sonrasında depolama süresince azaldığı saptanmıştır. Depolama süresince örneklerin pH değerlerinde meydana gelen değişimler uygulanan işlemlere göre farklılık göstermiştir. Gamma ışınlama sonrasında pH değeri azalmış bir başka deyişle ortamın asitliğinde bir miktar artış görülmüştür. Literatür verileri, söz konusu değişimin ışınlama sonrası depolama süresince ortamda biriken organik asitlerden kaynaklandığını göstermiştir. Bununla birlikte pastörizasyon işlemi ile en yüksek dozda uygulanan UV ışınlama işlemi sonrasında pH değeri değişmezken UV dozlarında ise depolama ilerledikçe artış göstermiştir. Üzüm sularının titrasyon asitliği değerlerinde meydana gelen değişimler incelendiğinde, depolama süresince yalnızca gamma ışınlanan örneklerde önemli bir artış meydana gelmiş diğer meyve sularında depolama boyunca meydana gelen değişimler önemli bulunmamıştır. Üzüm sularının depolama süresince, L^* , a^* ve b^* değerlerindeki değişim incelendiğinde, literatür verilerine benzer sonuçlar elde edilmiş, ısı olmayan tekniklerle muamele edilen meyve sularında işlemlerin rengin korunmasına daha fazla katkı sağladığı belirlenmiştir. Meyve suyunun parlaklık ya da aydınlık değeri olarak tanımlanan L^* değerinin, depolama süresince ısı işlem gören örnekler dışındaki meyve sularında gelişim göstermesi olumlu bir sonuç olarak değerlendirilmiş ve söz konusu durumun, meyve suyunda stabil olmayan parçacıkların depolama boyunca çökmesinin katkı sağlamış olabileceği literatür verileri ışığında belirlenmiştir. Üzüm sularının kırmızılık-yeşillik değerlerini anlatan a^* değerinde meydana gelen düşüş ise, depolamanın ürünün renginde koyulaşmaya neden olmaması açısından olumlu bir veri olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, b^* değerinde meydana gelen artışında, ürünün kendine özgü renginin korunduğu hatta literatürdeki bazı çalışmalarda belirtildiği şekilde, renkte olumlu yönde bir gelişimin de göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Son olarak üzüm sularının duyuşal özelliklerinin depolamadan ne yönde

etkilendiğinin belirlenmesi amacıyla değerlendirmeye alınan görünüş, renk, koku ve tat özellikleri panelistlerce puanlanmış ve değerlendirilen duyuşal özellikler neredeyse işlemlerden etkilenmemiştir. İstatistik açıdan önemli iki değişim saptanmış, bunlardan biri pastörizasyon bir diğeri ise en yüksek dozda uygulanan UV işlemleri olmuştur. UV ışınlama uygulanan örnekte depolama süresi, görünüşü olumsuz yönde etkilerken, pastörizasyon işlemleri sonrası uygulanan depolama aşamasında tatta olumlu bir değişim saptanmıştır.

Sonuç olarak uygulanan işlemlerin üzüm sularında meydana getirdiğı değişimlerin belirlenmesi ile üzüm sularının raf ömründe meydana gelen değişimlerin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen depolama denemelerinde analizi gerçekleştirilen mikrobiyolojik kriterler, bazı sağlığa yararlı/zararlı bileşenlerin varlığı/miktarı ile duyuşal değerlendirmeleri kapsayan analizler ışığında söz konusu teknolojilerin pastörizasyon gibi ısı işlemlere alternatif oluşturabileceğı, mikrobiyolojik kriterler baz alındığında raf ömrünü arttırmada tek başına kullanılabileceğı görülmektedir. Enzim inaktivasyonu gibi renk ve besin bileşenlerini etkileyen özellikler açısından düşünöldüğünde ise, UV ve gamma ışınlama gibi ısı olmayan işlemlerin tek başına kullanımı muhafaza için yeterli olmasa dahi, ılımlı bir ısı işlemleri kombine halde kullanılabilmesi ya da enzimin çalışmayacağı ambalajlama şartlarının sağlanması ile sanayiye uygulanabilirlik açısından daha gerçekçi ve yakın gelecekte hayata geçirilebilecek bir yaklaşım olarak görülmektedir. Üzüm suyunda mikrobiyal gelişimi, kalitede minimum değişimle engellemek ve dolayısıyla ürünlerin raf ömrünü arttırmak için kullanılan söz konusu yeni ve alternatif teknolojilerin, hem ölkemizde hem de dünyada yapılan sayısız literatür çalışmaları ile ortaya konulan olumlu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, endüstriyel kullanımlar için bir alt yapı oluşturacağı düşünölmektedir. γ radyasyon uygulaması hakkında oluşun tüketici endişeleri, yöntemin gerektirdiğı yüksek yatırım maliyeti, nükleer politikalar ile bir iyonize radyasyon türü olması vb. (Fellows 2009) sınırlamalar söz konusu yöntemi bir adım geriye taşımaktadır. Buna rağmen, UV ışınlama ve γ radyasyon uygulaması; gerek modifikasyonunun kolay olması gerekse üretim hattına uygulanabilmesi nedeniyle bu alanda gelecek vaat etmektedir. Halihazırda özellikle Avrupa ölkelerinde devlet destekli kurumlar, ışınlama teknolojilerinin, gıda muhafaza yöntemi olarak kullanılması amacıyla birçok çalışma yapmakta ve bu çalışmalardan elde edilen verilerin sunumu sonrasında ivedilikle sanayiye uygulama aşamasına geçilmektedir. Uygun bütçe ve akış şemasının akıllıca planlanması ile sanayi-üniversite işbirliğinin sağlanması halinde yakın bir gelecekte ölkemizde de bu teknolojilerin uluslararası firmalar ile rekabet etme yolunda bir araç olarak kullanılabileceğı aşıkardır.

6. KAYNAKLAR

- Abd El-Aal, SS, Aziz NH, (1997). Effects of gamma radiation on mycotoxin production by toxigenic moulds in local karish cheese. *Egyptian Journal of Microbiology*, 32, 151–168.
- Adıgüzel-Çaylak B, Çetinkaya N, Yücel U, (2008). Cabernet Sauvignon ve Merlot Şaraplarının Resveratrol Düzeyleri ve Ekolojik Koşulların Etkileri, *Gıda Dergisi*, GD8041.
- Adam MY, Elbashir HA, Ahmed AHR, (2013). Effect of Gamma Radiation on Tomato Quality during Storage and Processing. *Current Research Journal of Biological Sciences*, 6, 1, 20-25.
- Adamo M, Capitani D, Mannina L, Cristinzio M., Ragni P, Tata A, (2004). Truffles decontamination treatment by ionizing radiation. *Radiation Physics and Chemistry*, 71, 165-168.
- Ahn HJ, Kim JH, Jo C, Kim MJ, Byun MW, (2004). Comparison of irradiated phytic acid and other antioxidants for antioxidant activity. *Food Chemistry*, 88, 173-178.
- Ahn HJ, Kim JH, Kim, J.K., Kim, D.H., Yook, H.S., Byun, M.W., (2005). Combined effects of irradiation and modified atmosphere packaging on minimally processed Chinese cabbage (*Brassica rapa* L.). *Food Chemistry*, 89, 589–597.
- Agcam E., Akyıldız, A., Akdemir Evrendilek, G., (2016). A comparative assessment of long-term storage stability and quality attributes of orange juice in response to pulsed electric fields and heat treatments. *Food and Bioproducts Processing*, 99, 90–98.
- Aguilar K., Garvin, A., Ibarz, A.,(2016). Effect of the concentration on the kinetic model of the photo-degradation of 5-hydroxymethylfurfural by UV irradiation. *Journal of Food Engineering* 191, 67-76.
- Aguilo-Aguayo I., Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R., Martin-Belloso, O., (2009). Changes in quality attributes throughout storage of strawberry juice processed by high-intensity pulsed electric fields or heat treatments. *LWT - Food Science and Technology* 42, 813–818.
- AIJN (2017). Liquid Fruit Market Report. <http://viewer.zmags.com/publication/49404127#/49404127/1>. Erişim Tarihi: 02.12.2017.
- AIJN (2001). Code of Practice for Evaluation of Fruit and Vegetables Juices. Association of the Industry of Juices and Nectars from Fruits and Vegetables of the European Union.
- Akbudak B, Karabulut ÖA (2002). Üzüm muhafazasında Gri Küfden (*Botrytis cinerea* Pers:Fr.) kaynaklanan kalite kaybı ve çürümelerin Ultraviolele-C (UV-C) ışık

uygulamaları ile önlenmesi üzerine bir araştırma. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 16(2): 35-46.

Andrade-Cuvi M.J., Vicente, A.R., Concellón, A., Chaves, A.R., (2011). Changes in red pepper antioxidants as affected by UV-C treatments and storage at chilling temperatures. LWT—Food Sci. Technol. 44, 1666–1671.

Anonim (2017). Tarım Ürünleri Piyasaları, Üzüm. Ocak 2017, Ürün no: 19 <https://arastirma.tarim.gov.tr/tepge/Belgeler/TARIM%20%C3%9CR%C3%9CNLER%C4%B0%20P%C4%B0YASA%20RAPORLARI%20KLAS%C3%96R%C3%9C/%C3%9Cz%C3%BCm%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1ndaki%20Geli%C5%9Fmeler.pdf>. Erişim Tarihi:02.12.2017.

Anonim (1999a). UV light provides alternative to heat pasteurization of juices. Food Technology 53(9): 144-144 .

Anonim (1999b). Gıda İşinleme Yöntemliği, T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Resmi Gazete Tarihi, 06.11.1999, Sayı, 23868, 5065 <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/Yonetmelikler.aspx>, Erişim Tarihi: 09.04.2017

Anonim (2000). AOAC Ash of Flour (Direct Method), Method 923.03. In: Official Methods of Analysis, 18th Edition, AOAC International Publisher, Gaithersburg.

Anonim (2012). Manual of Methods of Analysis of Foods, Fruit and vegetable products. file:///C:/Users/ametsila/Downloads/FRUITSANDVEGETABLES.pdf

Anonim (1994), Review of the safety and nutritional adequacy of irradiated foods, Report by the Advisory Committee on the Irradiated and Novel Foods, HMSO, London.

Anonim (1982). Training Manual on Food Irradiation Techn. Technical Report Series, No. 14, IAEA, Viyana, s:43.

Anonim (1981). Wholesomeness of irradiated foods, Report of the Joint FAO-IAEA-Who Expert Committee, WHO Technical Report Series No. 659, Worl Health Organization, Geneva.

Anonim (1977). Wholesomeness of irradiated foods, Report of the Joint FAO-IAEA-Who Expert Committee, WHO Technical Report Series No. 604, Worl Health Organization, Geneva.

Al-Bachir M., (1999). Effect of gamma irradiation on storability of apples (*Malus domestica* L.). Plant Foods for Human Nutrition 54, 1–11.

Alighourchi H, Barzegar, M., Abbasi, S., (2008). Effect of gamma irradiation on the stability of anthocyanins and shelf-life of various pomegranate juices, Food Chemistry, 110, 1036-1040.

Alighourchi H, Barzegar M, Sahari, MA, Abbasi S. (2014). The effects of sonication and gamma irradiation on the inactivation of *Escherichia coli* and *Saccharomyces cerevisiae* in pomegranate juice. Iran J Microbiol 6, 51–8.

- Allothman M., Bhat, R., ve Karim, A.A., (2009). Effect of irradiation processing on phytochemicals and antioxidants in plant produce. *Trends in Food Science & Technology*, 20, 201-212.
- Albayrak S., Sağdıç, O. Aksoy, A., (2010). Bitkisel ürünlerin ve gıdaların antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 26(4):401-409.
- Alkan H, (2010). Gıda Dezenfeksiyonunda Gıda Işınlaması, *Gıda Teknolojisi Dergisi*, 7:37, 62-63.
- Alklint C., Wadsö, L., Sjöholm, I., (2004). Effects of modified atmosphere on shelf-life of carrot juice. *Food Control*, 15, 2, 131–137.
- Allende A., Tomas-Barberan F.A., Gil M.I.,(2006), Minimal processing for healthy traditional foods, *Trends in Food Science and Technology*, 17, 513-519.
- Allothman M., Bhat, R., Karim, A.A., (2009). Effects of radiation processing on phytochemicals and antioxidants in plant produce. *Trends Food Sci. Technol.* 20, 201–212.
- Altuğ T, Elmacı, Y. (2005). *Gıdalarda Duyusal Değerlendirme*. Meta Basım Matbaacılık. İzmir, 130s.
- Arjeh E., Barzegar, M., Sahari, MA., (2015). Effects of gamma irradiation on physicochemical properties, antioxidant and microbial activities of sour cherry juice. *Radiation Physics and Chemistry* 114, 18- 24.
- Arias R., Lee, T. C., Logendra, L., Janes, H., (2000). Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 1697–1702.
- Artes F, Allende A., (2005). Minimal fresh processing of vegetables, fruits and juices. In: *Sun Technologies in Food Processing*. San Diego, CA: Elsevier Academic Press. S:675-715.
- Artes-Hernandez F, Robles PA, Gomez P, Artes F. (2010). Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh-cut watermelon. *Postharvest Biology and Technology* 55(2):114-120.
- Avila-Sosa R, Avila-Crisostomo, Reyes-Arcos EA, Cid-Perez TS, Navarro-Cruz AR, Ochoa-Velasco CE (2017). Effect of blue and UV-C irradiation on antioxidant compounds during storage of Hawthorn (*Crataegus mexicana*). *Scientia Horticulturae* 217, 102–106.
- Ávila-Sosa R., Navarro-Cruz, A.R., Vera-López, O., Hernández-Carranza, P., Ochoa-Velasco, C.E. (2016). Ultraviolet light stimulation of bioactive compounds with antioxidant

- capacity of fruits and vegetables. In: Siddiqui, M.W., Bansal, V., Prasad, K. (Eds.), *Plant Secondary Metabolites Volume 2*. Apple Academic Press, Oakville, Canada.
- Aygören E, Sancak AZ, Akdağ E, Demirtaş M, Dönmez D, Sancak K, Demir A (2004). XI. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, Samsun.
- Aziz N.H., El-Fouly, M.Z., Abu-Shady, M.R., Moussa, L.A.A., (1997). Effect of gamma radiation on the survival of fungal and actinomycetal floras contaminating medicinal plants. *Applied Radiation and Isotopes*, 48, (1), 71–76.
- Aziz NH. ve Moussa, LAA., (2002). Influence of gamma-irradiation on mycotoxin producing moulds and mycotoxins in fruit. *Food Control*, 13, 281-288.
- Bakowska A., Kucharska, A. Z., Oszmianski, J., (2003). The effects of heating, UV irradiation, and storage on stability of the anthocyanin-polyphenol copigment complex. *Food Chemistry*, 81, 3, 349-355.
- BAM (2001). *Bacteriological Analytical Manual*. <http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-toc.html> (updated by rim/kwg/las/dav/cjm October 3, 2005).
- Bachmann R (1975). Sterilization by intense ultraviolet radiation. *The Brown Boveri Rev.* 62: 206-209.
- Bandla S., Choudhary R., Watson D. G., Haddock J., (2012). Impact of UV-C processing of raw cow milk treated in a continuous flow coiled tube ultraviolet reactor. *Agriculture Eng Int: CIGR Journal*, 14, 2, Manuscript No. 1943.
- Banerjee A, Penna S, Variyar, PS, Sharma A, (2014). Gamma irradiation inhibits wound induced browning in shredded cabbage. *Food Chemistry*, 173, 38-44.
- Baptista JAB, Tavares JFdP, Carvalho RCB, (2001). Comparison of polyphenols and aroma in red wines from portuguese mainland versus azores islands. *Food Research International*, 34, (4), 345–355.
- Barka EA, Kalantari S, Makhlouf J, Arul J, (2000). Effects of UV-C irradiation on lipid peroxidation markers during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruits. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27, 147-152.
- Baysal T, İçier F, (2012). *Gıda Mühendisliğinde Isıl Olmayan Teknolojiler*, Nobel Kitabevi, s: 434.
- Becker EM, Nissen LR, Skibsted LH, (2004). Antioxidant evaluation protocols: Food quality or health effects. *European Food Research and Technology*, 219, 561-571.
- Bera A, Almeida-Muradian, LB, Sabato SF, (2009). Effect of gamma radiation on honey quality control. *Radiation Physics and Chemistry* 78, 583–584.
- Bevilacqua A., Petrucci, L., Perricone, M., Speranza, B., Campaniello, D., Sinigaglia, M., Corbo, M. R., (2017). Nonthermal Technologies for Fruit and Vegetable Juices and Beverages: Overview and Advances. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 00, 2017, 1-61.

- Bhat R, Stamminger R (2015). Impact of ultraviolet radiation treatments on the physicochemical properties, antioxidants, enzyme activity and microbial load in freshly prepared hand pressed strawberry juice. *Food Science and Technology International*, 21(5):354-63.
- Bhat R., Ameran S.B., Voon H.C., Karim AA, Tze LM, (2011). Quality attributes of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) juice treated with ultraviolet radiation. *Food Chemistry*, 127, 641–644.
- Bhat R., Sridhar, K. R., Tomita-Yokotani, Kaori (2007). Effect of ionizing radiation on antinutritional features of velvet bean seeds (*Mucuna pruriens*). *Food Chemistry*, 103, 860–866.
- Bintsis T, Litopoulou- Tzanetaki, E., Robinson, R.K., (2000), Existing and Potential Applications of Ultraviolet Light in the Food Industry-A Critical Review. *Society of Chemical Industry*, 80, 637-645.
- Billmeyer FW, 1997, Ultraviolet lamp (8th ed.). McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology, vol. 19 (pp. 19–20). New York, USA7 McGraw-Hill.
- Birdal C, (2011). Bazı meyve ve sebzelerdeki polifenol oksidaz enzim aktivitesi üzerine ultrason ve ultraviyole ışınlarının inhibisyon etkisinin incelenmesi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya ABD, Erzurum. Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Halis Şakiroğlu.
- BOE Boletín Oficial del Estado (2001). Normas de higiene para la elaboración, distribución y comercio de comidas preparadas, Madrid, Spain, Real Decreto 3484/2000, 1435–1441.
- Bolton J., (2001). What is ultraviolet? In: IUVA website (International Ultraviolet Association). <http://www.iuva.org/PublicArea/whatisuv>
- Bowles WG, (1968). The decomposition of 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde under gamma irradiation. Master Theses, The University of Missouri, 6936. http://scholarsmine.mst.edu/masters_theses/6936.
- Braddock RJ, (1999). Handbook of citrus by-products and processing technology. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Braghini R., Pozzi, CR., Aquino, S., Rocha, LO., Correa, B., (2009). Effects of γ -radiation on the fungus *Alternaria alternata* in artificially inoculated cereal samples. *Applied Radiation and Isotopes*, 67, 1622–1628.
- Brand-Williams W., Cuvelier, M.E., Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology*, 28, 25–30.
- Bravo MN., Feliciano, R., Silva, S., Coelho, A. V., Vilas-Boas, L., Bronze, M. R., (2008). Analysis of trans-resveratrol: Comparison of methods and contents in Muscatel fortified wines from Setúbal region in Portugal. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 634-643.

- Breitfeliner S, Solar S., Sontag G., (2002). Effect of γ -irradiation on phenolic acids in strawberries. *Journal of Food Science*, 67, 517–521.
- Brenes M, Rejano L, Garcia P, Sanchez AH, Garrido A, (1995). Biochemical Changes in Phenolic Compounds during Spanish-Style Green Olive Processing. *Journal of Food Chemistry*, 43, 10, 2702-2706.
- Brody EP, (2000). Biological activities of bovine glycomacropeptide. *Br J Nutr* 84, 39-46.
- Brosché M, Strid Å. (1999). Cloning, expression, and molecular characterization of a small pea gene family regulated by low levels of ultraviolet B radiation and other stresses. *Plant Physiology*, 121: 479–487
- Bule MV., Desai, KM., Parisi, B., Parulekar, SJ, Slade, P., Singhal, RS, Rodriguez, A., (2010). Furan formation during UV-treatment of fruit juices, *Food Chemistry*, 122 (2010) 937-942.
- Bull MK, Zerdin K, Howe E, Goicoechea D, Paramanandhan P, Stockman R, Sellahewa J, Szabo EA, Johnson RL, Stewart CM., (2004). The effect of high pressure processing on the microbial, physical and chemical properties of Valencia and Navel orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 5, 135–149.
- Bucheli-Witschel M, Bassin C, Egli T (2010). UV-C inactivation in *Escherichia coli* is affected by growth conditions preceding irradiation, in particular by the specific growth rate. *Journal of Applied Microbiology*, 109, 5, 1733-1744.
- Buchanan RL, Edelson, S. G., Snipes, K., Boyd, G., (1998). Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 in apple juice by irradiation. *Applied and Environmental Microbiology*, 64, 11, 4533–4535.
- Byun MW., Kim, D. H., Yook, H. S., Cha, B. S., Kim, J. O., (2001). Changes in microbiological and general qualities in gamma irradiated *Doenjang* (fermented soybean paste). *Food Science and Biotechnology*, 10, 7–11.
- Calvi J.P. ve Francis, F.J. (1978). Stability of Concord grape (*V. Labrusca*) anthocyanins in model systems. *Journal of Food Science*, 43; 1448-1456.
- Caminiti IM., Noci, F., Morgan, D. J., Cronin, D. A., Lyng, J., G., (2012). The effect of pulsed electric fields, ultraviolet light or high intensity light pulses in combination with manothermosonication on selected physico-chemical and sensory attributes of an orange and carrot juice blend. *Food and Bioproducts Processing*, 90, 442–448.
- Caminiti IM, Noci F, Munoz A, Whyte P, Morgan DJ, Cronin DA, Lyng JG (2011). Impact of selected combinations of non-thermal processing Technologies on the quality of an apple and cranberry juice blend. *Food Chemistry* 124, 1387–1392.
- Cantos E., Espin, J. C., Tomas-Barberan, F. A., 2002. Postharvest stilbene-enrichment of red and white table grape varieties using UV-C irradiation pulses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 22, 6322–6329.

- Cao S, Zheng, Y., Wang, K., Jin, P., Rui, H., (2009). Methyl jasmonate reduces chilling injury and enhances antioxidant enzyme activity in postharvest loquat fruit. *Food Chemistry*, 115, 1458-1463.
- Cemeroğlu B (2010). *Gıda Analizlerinde Genel Yöntemler*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 2010. Ankara.
- Cervantes-Elizarraras A., Piloni-Martini, J., Ramirez-Moreno, E., Alanis-Garcia, E., Güemes-Vera, N., Gomez-Aldapa, C. A., Zafra-Rojas, Q. Y., Cruz-Cansino, N., (2017). Enzymatic inactivation and antioxidant properties of blackberry juice after thermoultrasound: Optimization using response surface methodology. *Ultrasonics Sonochemistry* 34, 371–379.
- Chang J.C.H., Ossoff S.F., Lobe D.C., Dorfman M.H., Dumais C.M., Qualls R.G., Johnson J.D. (1985). UV inactivation of pathogenic and indicator microorganisms. *Applied and Environmental Microbiology* 49(6): 1361–1365.
- Chawla S. P., Chander, R., Sharma, A., (2007). Antioxidant formation by γ -irradiation of glucose–amino acid model systems. *Food Chemistry*, 103, 1297–1304.
- Chen C. S., Shaw, P. E., Parish, M. E. (1993). Orange and tangerine juices. In S. Nagy, C. S. Chen, & P. E. Shaw (Eds.), *Fruit juice processing technology*, Auburndale, 110–165.
- Chen C. S., Wu, M. C. (1998). Kinetic models for thermal inactivation of multiple pectinesterases in citrus juices. *Journal of Food Science*, 63(5), 1–4.
- Cheng XF, Zhang M, Adhikari B (2013). The inactivation kinetics of polyphenol oxidase in mushroom (*Agaricus bisporus*) during thermal and thermosonic treatments. *Ultrason Sonochem.* 20(2):674-9.
- Chia SL., Rosnah, S., Noranizan, M. A., Wan Ramli, W. D., (2012). The effect of storage on the quality attributes of ultraviolet-irradiated and thermally pasteurised pineapple juices. *International Food Research Journal* 19, 3, 1001-1010.
- Chipurura B. ve Muchuweti, M., (2010). Effect of Irradiation and High Pressure Processing Technologies on the Bioactive Compounds and Antioxidant Capacities of Vegetables. *Asian Journal of Clinical Nutrition*, 4, 190-199.
- Choi L. H. ve Nielsen, S. S., (2005). The effect of thermal and non-thermal processing methods on apple cider quality and consumer acceptability. *Journal of Food Quality*, 28, 13–29.
- Choudhary R, Bandla S, Watson D G, Haddock ji Abughazaleh A, Bhattacharya B, (2011). Performance of coiled tube ultraviolet reactors to inactivate *Escherichia coli* W1485 and *Bacillus cereus* endospores in raw cow milk and commercially processed skimmed cow milk. *Journal of Food Engineering*, (107), 14-20.
- Chutintrasri B, Noomhorm A. (2006). Thermal inactivation of polyphenoloxidase in pineapple puree. *LW*, 39, 492–495.

- Cilliers FP., Gouws, P. A., Koutchma, T., Engelbrecht, Y., Adriaanse, C., Swart, P., (2014). A microbiological, biochemical and sensory characterisation of bovine milk treated by heat and ultraviolet (UV) light for manufacturing Cheddar cheese. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 23, 94–106.
- Cortes C, Esteve, M. J., Frigola, A. (2008). Color of orange juice treated by high intensity pulsed electric fields during refrigerated storage and comparison with pasteurized juice. *Food Control*, 19 (2), 151-158.
- Cortés C., Esteve MJ., Rodrigo D., Torregrosa F. ve Frígola A. (2006). *Food and Chemical Toxicology*. 44, 1932-1939.
- Costa L., Vicente, A.R., Civello, P.M., Chaves, A.R., Martinez, G.A., (2006), UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. *Postharvest Biology and Technology* 39, 204–210.
- Cserhalmi Z, Sass-Kiss Á, Tóth-Markus M, Lechner N, (2006). Study of pulsed electric field treated citrus juices. *Innov Food Sci. Emerg. Technol.* 7 (1–2), 49–54.
- Çelik P, (2014). Elma suyunun atımlı elektrik alanı ile pastörizasyonu ve kalite özellikleri üzerine etkisi. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği ABD, Danışman: Gülsüm Akdemir Evrendilek.
- Danon A, Gallois P (1998) UV-C radiation induces apoptotic-like changes in *Arabidopsis thaliana*. *FEBS Lett* 437: 131–136.
- Daravingas G, Cain, R.F. (1968). Thermal degradation of black raspberry anthocyanin pigments in model systems. *Journal of Food Science*, 33, 138-142.
- Darvishi S, Fatemi, A, Davari K (2012). Keeping quality of use of fresh 'Iran' strawberry by UV-C radiation. *World Applied Sciences Journal*, 17(7), 826-831.
- Davies MJ, Truscott, RJW (2001). Photo-oxydation of proteins and its role in cataractogenesis. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 63, 114–125.
- Dean WR (1927). Note on the motion of fluid in a curved pipe. *Philosophical Magazine* 5, 208–223.
- Dean LNM, Professor EFA (1989). Effects of irradiation on the storage quality of fresh straw mushrooms (*Volvariella volvacea*). *Food Qual. Preference* 1, 113–119.
- De Reu K., Grijspeerdt K., Herman L., Hyendrickx M, Uyttendaele M., Debevere J., Putirula F.F., Bolder N. M. (2006). The effect of a commercial UV disinfection system on the bacterial load of shell eggs. *Letters in Applied Microbiology*, 42,144-148.
- Debicki-Pospisil J., Lovric, T., Trinajstic, N (1983). Anthocyanin degradation in the presence of furfural and 5-hydroxymethylfurfural. *Journal of Food Science*. 48; 411-416.

- Deeth H. C., Fitz-Gerald, C. H (1983). Lipolytic enzymes and hydrolytic rancidity in milk and milk products. In: Developments in dairy chemistry. P. F. Fox (Ed.) Vol. 2, pp 195-239, Appl Sci Publ., London, England.
- Demorrow J. M., Henry, E. W (1977). Substrate comparability vs. polyphenol oxidase activity in ethrel and ultraviolet-treated “little marvel” dwarf pea (*Pisum sativum*) tissue, *Plant Growth Regulator Working Group’s Annual Symposium*, Hot National Park, Arkansas 71901.
- Diehl JUF (1995). Safety of irradiated foods, Marcel Dekker, New York.
- Dixon R.A., Paiva, N.L (1995). Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell*. 7, 1085–1097.
- Durling L.J.K., Busk, L., Hellman, B.E (2009). Evaluation of the DNA damaging effect of the heat-induced food toxicant 5-hydroxymethylfurfural (HMF) in various cell lines with different activities of sulfotransferases. *Food Chem. Toxicol.* 47 (4), 880-884. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2009.01.022>.
- Eissa H.A., Shaheen, M.S., Botros, H.W (2014). Impact of γ -Irradiation on Aroma Flavour, Bio-Active Constituents and Quality Attributes of Water Melon Juice. *Plant Pathology & Microbiology*, 5: 227, 2-9.
- Erkan M., Wang, S. W., Wang, C. Y (2008). Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 48, 163-171.
- Ehlermann DAE (1995). Dosimetry and identifications as a tool for official control of food irradiation, *Proceedings of the 29th International Meeting on Radiation Processing, Radiation Physics and Chemistry*, 46 (4-6), Part 1, 693-698.
- Esteve M. J., Frigola, A., Rodrigo, C., Rodrigo, D (2005). Effect of storage period under variable conditions on the chemical and physical composition and colour of Spanish refrigerated orange juices. *Food and Chemical Toxicology*, 43, 1413-1422.
- Falguera V., Garza, S., Pagan, J., Garvin, A., Ibarz, A (2013), Effect of UV–Vis Irradiation on Enzymatic Activities and Physicochemical Properties of Four Grape Musts from Different Varieties, *Food and Bioprocess Technology*, Volume 6, Issue 8, 2223-2229.
- Falguera V., Pagan, J., Ibarz, A (2011). Effect of UV irradiation on enzymatic activities and physicochemical properties of apple juices from different varieties. *LWT - Food Science and Technology* 44, 115-119.
- Fan X (2005) Antioxidant capacity of fresh-cut vegetables exposed to ionizing radiation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 6, 995-1000.
- Fan X., Geveke, D. J (2007). Furan formation in sugar solution and apple cider upon ultraviolet treatment. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 55, 19, 7816-7821.
- Fan X ve Thayer DW (2001). Quality of irradiated alfalfa sprouts. *Journal of Food Protection*, 64, 1574–1578.

- Fan X, Toivonen P.M.A., Rajkowski K.T., Sokorai K.J.B (2003). Warm water treatment in combination with modified atmosphere packaging reduces undesirable effects of irradiation on the quality of fresh-cut iceberg lettuce. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 51, 1231–1236.
- Fan X (2005). Impact of Ionizing Radiation and Thermal Treatments on Furan Levels in Fruit Juice, Vol. 70, Nr. 7, *Journal of Food Science*, E409-414.
- Foley DM, Pickett K, Varon J, Lee J, Min DB, Caporaso F, Prakash A (2002). Pasteurization of Fresh Orange Juice Using Gamma Irradiation: Microbiological, Flavor, and Sensory Analyses, 67, Nr. 4, 1495-1501.
- Fonseca JM, Rushing JW (2006). Effect of Ultraviolet-C light on quality of fresh-cut watermelon. *Postharvest Biology and Technology* 40 (3):256-261.
- Fonseca JM, Rushing JW, Testin RF (2004). The anaerobic compensation point for fresh cut-watermelon implications for postprocess handling. *Postharvest Biology and Technology*, 39, 562-566.
- Food and Drug Administration (FDA) (2000). Irradiation in the production, processing and handling of food. *Federal Register e Rules and Regulations*, 65(230).
- Food and Drug Administration (FDA) (2004). Erişim Tarihi: 05.05.2013. http://www.fda.gov/ohrms/dockets/ac/04/briefing/4045b2_10_furan%20method.pdf.
- Food and Drug Administration (FDA) (2016). Hazard Analysis and Risk-Based Preventive Controls for Human Food: Draft Guidance for Industry. Erişim tarihi: 30.11.2017. <https://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceRegulation/FSMA/UCM517399.pdf>
- Fellows PJ. (2009). *Food Processing Technology. Principles and practices*. 3rd ed. Cambridge, England.
- Feng M., Ghafoor, K., Seo, B., Yang, K., Park, J., (2013). Effects of ultraviolet-C treatment in Teflon®-coil on microbial populations and physico-chemical characteristics of watermelon juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 19, 133–139.
- Food Chemical News (2004). Pasteurization redefined by USDA committee, 46, 3.
- Formica-Oliveira A.C., Martinez-Hernandez, G. B., Diaz-Lopez, V., Artes, F., Artes-Hernandez, F (2017). Effects of UV-B and UV-C combination on phenolic compounds biosynthesis in fresh-cut carrots. *Postharvest Biology and Technology*, 127, 99–104.
- Forni E., Polesello, A., Torreggiani, D (1993). Changes in anthocyanins in cherries (*Prunus avium*) during osmodehydration, pasteurization and storage. *Food Chemistry*, 48; 295-299.
- Francis GA, Thomas C, O'Beirne D (1999). The microbiological safety of minimally processes vegetables. *International Journal of Food Science & Technology*, 34, 1–22.

- Franke, S.I.R., Ckless, K., Silveria, J.D., Rubensam, G., Brendel, M., Erdtmann, B., Henriques, J.A.P (2004). Study of antioxidant and mutagenic activity of different orange juices. *Food Chemistry* 88, 45–55.
- Franz CMAP, Specht I, Cho GS, Graef V, Stahl, MR (2009). UV-C-inactivation of microorganisms in naturally cloudy apple juice using novel inactivation equipment based on Dean Vortex technology. *Food Control*, 20 (12), 1103–1107.
- Frederic I. N., du Toit, M., Krügel, M (2011). Efficacy of ultraviolet radiation as an alternative technology to inactivate microorganisms in grape juices and wines. *Food Microbiology* 28, 510-517.
- Fritzenheimer K.H., Kindl, H (1981). Coordinate induction by UV light of stilbene synthase, phenylalanine ammonialyase and cinnamate 4- hydroxylase in leaves of Vitaceae. *Planta* 151, 48–52.
- Frylinck, L., Dubery, I.A., Schabort, J.C (1987). Biochemical changes involved in stress response and ripening behavior of γ -irradiated mango fruit. *Phytochemistry* 26, 684–686.
- Gamboa-Santos J, Soria AC, Villamiel M, Montilla A (2013). Quality parameters in convective dehydrated carrots blanched by ultrasound and conventional treatment, *Food Chemistry* 141: 616–624.
- Gaya P, Medina, M., Rodriguez-Marin, M. A., Nunez, M (1990). Accelerated ripening of ewes' milk Manchego cheese: The effect of elevated ripening temperatures. *Journal of Dairy Science*, 73: 26-32.
- Gayan E., Serrano, MJ., Monfort, S., Alvarez, I., Condon, S (2012). Combining ultraviolet light and mild temperatures for the inactivation of *Escherichia coli* in orange juice. *Journal of Food Engineering*, 113, 598-605.
- Gayan, E., Garcia-Gonzalo, D., Alvarez, I., Condon, S (2014). Resistance of *Staphylococcus aureus* to UV-C light and combined UV-heat treatments at mild temperatures. *International Journal of Food Microbiology*, 172, 30-39.
- Gazso, LG. Ve Ponta, CC (2005) Radiation Inactivation of Bioterrorism Agents, IOS Press, 217 sayfa.
- Geankoplis CJ (2003). Transport processes and Unit Operations. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Gejima, Y., Zhang, H., Nagata, M (2003). Judgment on level of maturity for tomato quality using $L^* a^* b^*$ color image processing. Judgment on level of maturity for tomato quality using $L^* a^* b^*$ color image processing, 1355–1359. *Melectronics AIM*.
- Gerogiannaki-Christopoulou, M, Athanasopoulos, P., Kyriakidis, N., Gerogiannaki, I. A., Spanos, M (2006). *trans*-Resveratrol in wines from the major Greek red and white grape varieties. *Food Control* 17, 700–706.

- Geveke DJ, Torres D (2012). Pasteurization of grapefruit juice using a centrifugal ultraviolet light irradiator. *Journal of Food Engineering* 111, 241–246.
- Giese, N. and Darby, J (2000). Sensitivity of microorganisms to different wavelengths of UV light: Implications on modelling of medium pressure UV systems. *Water Research*. 34(16), 4007-4013.
- Giliberto, L., Perrotta, G., Pallara, P., Weller, J.L., Fraser, P.D., Bramley, P.M., Fiore, A., Tavazza, M., Giuliano, G (2005). Manipulation of the blue light photoreceptor cryptochrome 2 in tomato affects vegetative development, flowering time, and fruit antioxidant content. *Plant Physiology*, 137, 199–208.
- Gill, S.S., Tuteja, N (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology Biochemistry*, 48, 909–930.
- Gillis E (2005). The effect of heat treatment on the nutritional value of milk, California State University, [erişim adresi: www.calstatela.edu/faculty/hsingh2/articles/milk.research.pdf](http://www.calstatela.edu/faculty/hsingh2/articles/milk.research.pdf).
- Goh, S. G., Noranizan, M., Leong, C.M., Sew C.C., Sobhi, B (2012). Effect of thermal and ultraviolet treatments on the stability of antioxidant compounds in single strength pineapple juice throughout refrigerated storage. *International Food Research Journal* 19, 3, 1131-1136.
- Gomez, P. L., Alzamora, S. M., Castro, M. A., Salvatori, D. M (2010). Effect of ultraviolet-C light dose on quality of cut-apple: Microorganism, color and compression behavior. *Journal of Food Engineering* 98, 60–70.
- González-Aguilar, G. Buta JG, Wang CY (2001). Methyl jasmonate reduces chilling injury symptoms and enhances colour development of ‘Kent’ mangoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Volume 81, 13, 1244–1249.
- González-Aguilar, G. A., Villegas-Ochoa, M. A., Martínez-Tellez, M. A., Gardea, A. A., Ayala-Zavala, J. F (2007). Improving antioxidant capacity of fresh-cut mangoes treated with UV-C. *Journal of Food Science*, 72, 3, 197-202.
- González-Aguilar, G., C.Y. Wang, G.J. Buta (2004). UV irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage. *J. of the Science Food and Agriculture*. 84:415-422.
- Gonzalez-Barrio, R., Vidal-Guevara, M.L., Tomas-Barberan, F. A., Espin, J.C (2009). Preparation of a resveratrol-enriched grape juice based on ultraviolet C-treated berries. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10, 374–382.
- Gould, G.W (1986). Food irradiation – microbiological aspects. *Proc. Inst. Food Sci. Technol.* 19 (4), 175–180.
- Grandison AS (1996) Ion-exchange and electrodialysis. In: A. S. Grandison and M. J. Lewis (eds) *Separation Processes in the Food and Biotechnology Industries*. Woodhead Publishing, Cambridge, 155–177.

- Grant, I. R, Patterson, M. F (1992). Sensitivity of food borne pathogens to irradiation in the components of chilled ready meals. *Food Microbiology*, 9, 95–103.
- Guan, W., Fan, X., Yan, R (2012). Effects of UV-C treatment on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, microbial loads, and quality of button mushroom. *Postharvest Biology and Technology* 64, 119–125.
- Guerreiro, D, Madureira, J., Silva, T., Melo, R., Santos, PMP., Ferreira, A., Trigo, MJ., Falcao, AN., Margaça, FMA (2016). Post-harvest treatment of cherry tomatoes by gamma radiation: Microbial and physicochemical parameters evaluation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 36, 1–9.
- Guerrero, R. F., Puertas, B., Fernandez, M. I., Palma, M., Cantos-Villar, E (2010). Induction of stilbenes in grapes by UV-C: Comparison of different subspecies of *Vitis*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11, 231–238.
- Guerrero-Beltrán, J.A., Welti-Chanes J, Barbosa-Canovas GV (2009). Ultraviolet-C light processing of grape, cranberry and grapefruit to inactivate *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Food Process Engineering*, 32, 916-932.
- Guerrero-Beltrán, J.A. and Barbosa-Cánovas, G.V (2004). Advantages and limitations on processing foods by UV light. *Food Science and Technology International* 10, 137–147.
- Guise B (1986). Irradiation waits in the wings. *Food Eur.* March–April 7–9.
- Gupta, B.S., Masterson, F., Magee, T.R.A (2003). Inactivation of *E. coli* K12 in apple juice by high voltage pulsed electric field. *Eur Food Res Technol* 217:434-437.
- Gülcü, M (2008). Durultma yardımcı maddelerinin üzüm suyu kalitesi üzerine etkileri, Danışman: Yrd. Doç. Dr. Figen Dağlıoğlu, Namık Kemal Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Gümüş T., Geçgel, Ü., Demirci, A. Ş., Arıcı, M (2008). Effects of gamma irradiation on two heat resistant moulds: *Aspergillus fumigatus* and *Paecilomyces variotii* isolated from margarine. *Radiation Physics and Chemistry* 77, 680–683.
- Güner K (2014). Çeşitli tıbbi bitkilerin, meyve kurutmada antifungal koruyucu olarak kullanım olanakları, Danışman: Prof. Dr. Orhan Dağlıoğlu, Namık Kemal Üniversitesi Doktora Tezi, Tekirdağ.
- Gürbüz O., Göçmen, D., Dağdelen, F., Gürsoy, F., Gürsoy, M., Aydın, S., Şahin, İ., Büyükuysal, L., Usta, M (2007). Determination of *flavan-3-ols* and *trans-resveratrol* in grapes and wine using HPLC with fluorescence detection. *Food Chemistry* 100, 518–525.
- Hakgüder B (2009) Bazı meyve sularının UV dezenfeksiyonu. Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği ABD, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir.

- Harder M. N. C., De Toledo, T.C.F., Ferreira, A.C.P., Arthur, V (2009). Determination of changes induced by gamma radiation in nectar of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). *Radiation Physics and Chemistry*, 78, 579–582.
- Harrison K., ve Were, L. M (2007). Effect of gamma irradiation on total phenolic content yield and antioxidant capacity of Almond skin extracts. *Food Chemistry*, 102, 932-937.
- Higashio, H., Ippoushi, H., Ito, H., Azuma, K (1999). Induction of an oxidative defense system against UV-stress and application to improve quality of green vegetables. In: Lee, J.M., Gross, K.S., Watada, A.E., Lee, S.K. (Eds.) *Proc. Intl. Symp. on Quality of Fresh and Fermented Vegetables*. Acta Hort. 483, pp. 299–302.
- Hinjen WAM, Beerendonk EF, Medema GJ (2006). Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo) cysts in water: a review. *Water Research*, 40, 3-22.
- Hoyer O (1998). Testing performance and monitoring of UV systems for drinking water disinfection. *Water Supply*, 16(1/2), 419-442.
- Huang, D., Ou, B., Prior, R. L (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 1841-1856.
- Hui YH (2006). “Handbook of Fruits and Fruit Processing” Blackwell Publishing, 712, Iowa, ABD.
- Hussain P., Wani, A. M., Meena, R. S., Dar, M. A (2010). Gamma irradiation induced enhancement of phenylalanineammonia-lyase (PAL) and antioxidant activity in peach (*Prunus persica* Bausch, Cv.Elberta). *Radiation Physics and Chemistry*, 79, 2010, 982–989.
- Hussein S. Z., Yusoff, K. M., Makpol, S., Mohd Yusof, Y. A (2014). Does Gamma Irradiation Affect Physicochemical Properties of Honey Clin Ter, 165, 2, 125-133. doi: 10.7471/CT.2014.1695
- Ibarz A., Casero, T., Miguelsanz, R., Pagan, J (1989). Cineticas de formaci on de hidroximetilfurfural en concentrado de zumo de pera almacenado a diferentes temperaturas. *Alimentaria* 81-84.
- International Agency for Research on Cancer (IARC) (1995). Dry cleaning, some chlorinated solvents and other industrial chemicals. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, 63, 393–407.
- IFFJP (1985). International federation of fruit juice producers (IFFJP) methods. *Analysen-analysis*. Zug, Switzerland: Fruit-Union Suisse Assoc. Svizzera Frutta.
- Igual M.; García-Martínez, E.; Camacho, M.M. Martínez-Navarrete, N (2011). Changes in flavonoid content of grapefruit juice caused by thermal treatment and storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, Vol.12, pp.153-162.

- Islam M.S., Patras, A., Pokharel, B., Wu, Y., Vergne, M.J., Shade, L., Xiao, H., Sasges, M (2016). UV-C irradiation as an alternative disinfection technique: Study of its effect on polyphenols and antioxidant activity of apple juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 34, 344–351.
- Ismail A., Marjan, A.M., Foong, C.W (2004). Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables, *Food Chemistry* 87: 581–586.
- Jacobo-Velázquez D.A., Martínez-Hernández, G.B., del C. Rodríguez, S., Cao, C.-M., Cisneros-Zevallos, L (2011). Plants as biofactories: physiological role of reactive oxygen species on the accumulation of phenolic antioxidants in carrot tissue under wounding and hyperoxia stress. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 59, 6583–6593.
- Jo C., Son, J.H., Shin, M.G., Byun, M.W (2003). Irradiation effects on color and functional properties of persimmon (*Diospyros kaki* L. folium) leaf extract and licorice (*Glycyrrhiza Uralensis* Fischer) root extract during storage. *Radiat. Phys. Chem.*, 67, 143–148.
- Jo C, Ahn, D., Lee, KH (2012). Effect of gamma irradiation on microbiological, chemical and sensory properties of fresh ashitaba and kale juices. *Radiation Physics and Chemistry*, 81, 1076–1078.
- Jo C. ve Lee, KH (2012). Comparison of the efficacy of gamma and UV irradiation in sanitization of fresh carrot juice. *Radiation Physics and Chemistry*, 81, 1079–1081.
- Juaniz I., Ludwig, I. A., Huarte, E., Pereira-Caro, G., Moreno-Rojas, J. M., Cid, C., Pena, M (2016). Influence of heat treatment on antioxidant capacity and (poly)phenolic compounds of selected vegetables. *Food Chemistry* 197, 466–473.
- Kallithraka S., Arvanitoyannis, I., El-Zajouli, A., Kefalas, P (2001). The application of an improved method for trans-resveratrol to determine the origin of Greek red wines. *Food Chemistry* 75, 355–363.
- Kasım M.U., Kasım, R (2007). Sebze ve Meyvelerde Hasat Sonrası Kayıpların Önlenmesinde Alternatif Bir Uygulama: UV-C. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13 (4) 413-419, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Khalil MI, Sulaiman, S.A., Gan, S.H (2010). High 5-hydroxymethylfurfural concentrations are found in Malaysian honey samples stored for more than one year. *Food Chemistry Toxicology*, 48, 2388-92.
- Khattak KF, Simpson, T. J., Ihasnullah (2008). Effect of gamma irradiation on the extraction yield, total phenolic content and free radical-scavenging activity of *Nigella sativa* seed. *Food Chemistry*, 110, 967-972.
- Keyser M., Müller I. A., Cilliers F. P., Nel W., Gouws P. A (2008). Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice, *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 9, 348–354.

- Ko TH, Ting K (2006). Optimal Reynolds number for the fully developed laminar forced convection in a helical coiled tube. *Energy* 31, 2142–2152.
- Kondapalli N., Sadineni, V., Variyar, P.S., Sharma, A., Obulam, V.S.R (2014). Impact of γ -irradiation on antioxidant capacity of mango (*Mangifera indica* L.) wine from eight Indian cultivars and the protection of mango wine against DNA damage caused by irradiation. *Process Biochemistry*, 49,1819–1830.
- Koshani, R., Ziaee, E., Niakousari, M. Golmakani, M.-T (2014). Optimization of thermal and thermosonication treatments on pectin methyl esterase inactivation of sour orange juice (*Citrus aurantium*), *Journal of Food Processing and Preservation*, 1–7.
- Koseki, P. M., Villavicencio, A. L. C. H., Britoa, M. S., Nahme, L. C., Sebastiao, K. I., Rela, P. R (2002). Effects of irradiation in medicinal and eatable herbs. *Radiation Physics and Chemistry*, 63, 681–684.
- Koutchma, T., Popovic, V., Ros-Polski, V., Popielarz, A (2016). Effects of Ultraviolet Light and High-Pressure Processing on Quality and Health-Related Constituents of Fresh Juice Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15, 844-867.
- Koutchma T, Forney LJ, Moraru CI (2009) Ultraviolet light in food technology. Florida: CRC Press.
- Koutchma T (2008). UV Light for Processing Foods. *IUVA News*, 10, 4, 24-29.
- Koutchma T, Parisi B, Patazca E, (2007). Validation of UV coiled tube reactor for fresh juices. *Journal of Environmental Engineering Science* 6, 319–328.
- Koutchma T, Parisi B (2004). Biodosimetry of *E. coli* UV inactivation in model juices with regard to dose and RTD distribution in annular UV reactors. *J. Food Science*, 69, 14-22.
- Koutchma T., Keller, S., Chirtel, S., Parisi, B (2004). Ultraviolet disinfection of juice products in laminar and turbulent flow reactors. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 179-189.
- Kovacs E, Keresztes A (2002). Effect of gamma and UV-B/C radiation on plant cells. *Micron* 33, 199-210.
- Kırca A., Özkan, M., Cemeroglu, B (2007). Effects of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins. *Food Chemistry* 101, 212–218.
- Kırca A (2004). Siyah havuç antosiyaninlerinin bazı meyve ürünlerinde ısıl stabilitesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD, Ankara.
- Kim C. C (1997). The influence of heat, ultraviolet and ethylene absorber treatments on storage life in fuji apples. *J Korean Soc. Hort. Sci.*, 38 (2): 153- 156.

- Kim D., Song, H., Lim, S., Yun, H., Chung, J (2007). Effects of gamma irradiation on the radiation-resistant bacteria and polyphenol oxidase activity in fresh kale juice. *Radiation Physics and Chemistry* 76, 1213–1217.
- Kim K, Yook H (2009). Effect of gamma irradiation on quality of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* var. *deliciosa* cv. Hayward). *Radiation Physics and Chemistry*, 78, 414–421.
- Kim MK, Kim, M. Y., Lee, K (2016). Determination of furan levels in commercial orange juice products and its correlation to the sensory and quality characteristics. *Food Chemistry* 211, 654–660.
- Köksel H, Çelik S (2001). Quality evaluation of Gamma-Irradiated food legumes. *Gıda*, 26, 3, 151-155.
- Klimczak I., Małecka M., Szlachta M., Gliszczynska-Swiglo A (2007). Effect of storage on the content of polyphenols: vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 313–322.
- Kuo F. L., Carey J.B., Rickie S.C (1997). UV irradiation of shell eggs: effect on populations of aerobes, molds, and inoculated *S.typhimurium*. *Journal of Food Protection*, 60(6),639-643.
- Küçük-Ünlütürk, S., Arastoopour, H, Koutchma T (2004). Modeling of UV dose distribution in a thin-film UV reactor for processing of apple cider, *Journal of Food Engineering*, 65, 1, 125-136.
- Lado BH. Yousef AE. (2002). Alternative food-preservation technologies: efficacy and mechanisms. *MicrobesInfect.*4, 433–440.
- Lamikanra O., Kueneman, D., Ukuku, D., Bett-Garber, K.L (2005). Effect of Processing Under Ultraviolet Light on the Shelf Life of Fresh-Cut Cantaloupe Melon. *Journal of Food Science*, 70, 9, 534-539.
- Lamuela-Raventos R. M., Romero-Perez, A. I., Waterhouse, A. L., de la Torre-Boronat, M. C (1995). Direct HPLC analysis of cis and trans resveratrol and piceid isomers in Spanish red *Vitis vinifera* wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 281–283.
- Langcake P.,ve Pryce, R. J (1976). The production of resveratrol and the viniferins by grapevines in response to ultraviolet irradiation. *Phytochemistry*, 16, 1193–1196.
- Lee JW., Kim, JK., Srinivasan, P., Choi, J., Kim, JH., Han, SB., Kim, D., Byun, MW (2009). Effect of gamma irradiation on microbial analysis, antioxidant activity, sugar content and color of ready-to-use tamarind juice during storage. *LWT - Food Science and Technology* 42, 101–105.
- Le Loir Y., Baron, F., Gautier, M (2003). *Staphylococcus aureus* and food poisoning. *Genetics and molecular research. Genet. Mol. Res.* 2, 63–76.

- Lemoine M.L., Chaves, A.R., Martinez, G.A (2010). Influence of combined hot air and UV-C treatment on the antioxidant system of minimally processed broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italica*). *LWT - Food Science and Technology* 43, 1313-1319.
- Li D., Luo Z., Mou W., Wang Y., Ying T., Mao L (2014). ABA and UV-C effects on quality, antioxidant capacity and anthocyanin contents of strawberry fruit (*Fragaria ananassa* Duch.). *Postharvest Biology and Technology* 90, 56–62.
- Liltved H, Landfald B (2000). Effects of high intensity light on ultraviolet-irradiated and non-irradiated fish pathogenic bacteria. *Water Research* 34(2), 481–486.
- López-Malo A., Palou, E (2005). Ultraviolet light and food preservation. In: Barbosa-Cánovas, G.V., Tapia, M.S., Cano, M.P. (Eds.), *Novel Food Processing Technologies*. CRC Press, Madrid, pp. 464–484.
- Lopez-Rubira V, Conesa A, Allende A, Artes F (2005). Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C. *Postharvest Biology and Technology* 37, 174–185.
- Lu J.Y., C. Stevens, P. Yakobu, P.A. Loretan, D. Eakin, (1987). Gamma, electron beam and ultraviolet radiation on control of storage rots and quality of Walla Walla onions. *J. Food Preserv.* 12: 53-62.
- Liu J., Stevens C., Khan V.A., Lu JY., Wilson C.L., Adeyeye O., Kabwe M.K., Pusey P.L., Chaltuz E., Sultana T., Liu, J., Stevens C., Khan VA., Lu, Y.J., Wilson, C.L., Adeyeye, O., Kabwe, M.K., Pusey, P.L., Chalutz, E., Droby, S (1993). Application of ultraviolet-C light on storage rots and ripening of tomatoes. *J. Food Prot.* 56, 868–872.
- Liu LH, Zabarás D, Bennet LE, Aguas P, Woonton BW (2009). Effects of UV-C, red light and sun light on the carotenoid content and physical qualities of tomatoes during post-harvest storage. *Food Chemistry* 115, 495–500.
- Lu J. Y., Stevens, C., Khan, A., Kabwe, M (1991). The effect of ultraviolet irradiation on shelf-life and ripening of peaches and apples. *Journal of Food Quality*, 14, 299-305.
- Luckey TD (1980). *Hormesis with Ionizing Radiation*, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Maccarone E., Maccarone, A., Rapisarda, P (1985). Stabilization of anthocyanins of blood orange fruit juice. *Journal of Food Science*, 50, 901-904.
- Malanga G, Puntarulo, S (1995). Oxidative stress and antioxidant content in *Chlorella vulgaris* after exposure to ultraviolet-B radiation. *Journal of Plant Physiology*, 94, 672-679.
- Manzocco L., Panozzo, A., Nicoli, M. C (2013). Inactivation of Polyphenoloxidase by Pulsed Light, *Journal of Food Science*, 78, 8, 1183-1187.
- Manzocco L, Nicoli MC. (2012). Macromolecular crowding affects protein photosensitivity: the case of egg white immunoreactivity. *Food Chemistry*, 132, 982–988.

- Manzocco L, Da Pieve S, Maifreni M (2011). Impact of UV-C light on safety and quality of fresh-cut melon. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 12, 13–17.
- Manzocco L, Quarta B, Dri A. (2009). Polyphenoloxidase inactivation by light exposure in model systems and apple derivatives. *Innovative Food Science Emerging Technology*, 10, 506–11.
- Markakis P., Livingstone, G.E., Fellers, CR (1957). Quantative aspects of strawberry pigment degradation. *Food Res.* 22; 117-130.
- Marquenie D., Michiels, C. W., Geeraerd, AH (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, 187– 196.
- Martins S.I.F.S., Jongen, W.M.F., van Boekel, M.A.J.S (2000). A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends Food Sci. Technol.* 11 (9-10), 364-373. [http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00022-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00022-X).
- Matak KE (2004). Effects of UV irradiation on the reduction of bacterial pathogens and chemical indicators of milk. Ph.D. dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA.
- Matak K.E., Sumner, S.S., Duncan, S.E., Hoving, E., Worobo, R. W., Hackney, C.R., Pierson, M.D (2007). Effects of ultraviolet irradiation on chemical and sensory properties of goat milk. *Journal of Dairy Science*, 90, 7, 3178-3186.
- Mazza G, Brouillard, R (1987). Recent developments in the stabilization of anthocyanins in food products. *Food Chem.* 25; 207-225.
- Mazza G, Brouillard R (1990). The mechanism of copigmentation of anthocyanins in aqueous solutions. *Phytochemistry*, 29, 4, 1097-1102.
- Mazza G, Miniati E (1993). *Anthocyanins in fruits, vegetables and grains*. CRC Press Inc., p: 362, Boca Raton, Florida.
- Mercier J., Arul, J., Julien, C (1993). Effect of UV-C on phytoalexin accumulation and resistance to *Botrytis cinerea* in stored carrots. *J. Phytopathol.* 139, 17–25.
- Mert M (2010). Effect of high hydrostatic pressure on microbial load and quality parameters of grape juice. Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD, Ankara.
- Mertens, B, Knorr, D (1992). Developments of non thermal processes for food preservation. *Food Technology*, 46, 5, 124–133.
- Min S, Zhang QH (2003). Effects of commercial-scale pulsed electric field processing on flavor and color of tomato juice. *Journal of Food Science*, 68(5), 1600–1606.

- Mirrazavi F (2011). New science and technology achievements. Downloaded from http://www.iranreview.org/content/Documents/NewScience_and_Technology_Achievements.htm on 7/5/2011.
- Moltó-Puigmartí C, Castellote AI, Carbonell-Estrany X, Lopez-Sabater MC (2011). Difference in content and fatty acid proportions among colostrum, transitional and mature milk from women very preterm, and term infants. *Clinical Nutrition* 30, 116-123.
- Mondy N. I, Gosselin B (1989). Effect of irradiation on discoloration, phenols and lipids of potatoes. *Journal of Food Science*, 54, 982–984.
- Moy JH., Akamine, E.K., Wenkan, N., Dollar, A.M., Hanaoka, M., Kao, H.Y., Liv, W.L., Rinetti, L.M (1973). Tolerance, quality, and shelf life of gamma irradiated papaya grown in Hawaii, Taiwan and Venezuela. In: International Atomic Energy Agency. *Radiation Preservation of Food*. IAEA, Vienna, 375–387.
- Müller A., Noack, L., Greiner, R., Stahl, M. R., Posten, C (2014). Effect of UV-C and UV-B treatment on polyphenol oxidase activity and shelf life of apple and grape juices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26, 498–504.
- Müller A., Stahl, M. R., Graef, V., Franz, C. M. A. P., Huch, M (2011). UV-C treatment of juices to inactivate microorganisms using Dean Vortex technology. *Journal of Food Engineering*, 107, 2, 268–275.
- Najafabadi N. S., Sahari, M. A., Barzegar, M., Esfahani, Z. H (2017). Effect of gamma irradiation on some physicochemical properties and bioactive compounds of jujube (*Ziziphus jujuba* var *vulgaris*) fruit. *Radiation Physics and Chemistry* 130, 62–68.
- Naresh K., Varakumar, S., Variyar, P.S., Sharma, A., Reddy, OVS (2015). Effect of γ -irradiation on physico-chemical and microbiological properties of mango (*Mangifera indica* L.) juice from eight Indian cultivars. *Food Bioscience* 12, 1–9.
- Nigro F., Ippolito, A., Lattanzio, V., Di-Venere, D., Salerno, M (2000). Effect of ultraviolet-C light on postharvest decay of strawberry. *Journal of Plant Pathology*, 82, 29-37.
- Nigro F., Ippolito, A. ve Lima, G (1998). Use of UV-C light to reduce Botrytis storage rot of table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 13, 171–181.
- Noci F., Riener, J., Walking-Ribeiro, M., Cronin, D. A., Morgan, D. J., Lyng, J. G (2008). Ultraviolet irradiation and pulsed electric fields (PEF) in a hurdle strategy for the preservation of fresh apple juice. *Journal of Food Engineering* 85, 141–146.
- Ochoa-Velasco CE (2012). Ultraviolet-C Light Effect on Pitaya (*Stenocereus griseus*) Juice. *Journal of Food Research*, 1, 2, 60-70.
- Oey I., Lille, M., Loey, A. V., Hendrickx, M (2008). Effect of high-pressure processing on colour, texture and flavour of fruit- and vegetable-based food products: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 19, 320–328.

- Oğuz E (2009). Peynirin yağ asidi bileşimine pastörizasyon ısısının etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji ABD Selçuk Üniversitesi, Konya.
- OMS (1989). La irradiación de los alimentos una técnica para conservar y preservar la inocuidad de los alimentos. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 18–23.
- Oms-Oliu G, Aguiló-Aguayo I, Martín-Belloso O, Soliva-Fortuny R. (2010). Effects of pulsed light treatments on quality and antioxidant properties of fresh-cut mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Postharv Biol Technol* 56: 216–22.
- Onyenekwe PC, Ogbadu, GH., Hashimoto, S., (1997). The effect of gamma radiation on the microflora and essential oil of Ashanti pepper (*Piper guineense*) berries. *Postharvest Biology and Technology*, 10, 161-167.
- Oufedjikh H, Mahrouz M, Amoiti MJ, Lacroix M, (2000). Effect of γ -irradiation on phenolic compounds and phenylalanine ammonia-lyase activity during storage in relation to peel injury from peel of Citrus clementina Hort Ex Tanaka. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48, 558–565.
- Özbilgin S, Acar J (1988). Gıdaların iyonize radyasyonla muhafazasında radyasyonun mikroorganizmalar üzerine etkileri, *Gıda*, 13 (1), 23-27.
- Palgan I., Caminiti, I M., Munoz, A., Noci, F., Whyte, D. J., Morgan, D. A., Cronin, D. A., Lyng, J. G., (2011). Combined effect of selected non-thermal technologies on *Escherichia coli* and *Pichia fermentans* inactivation in an apple and cranberry juice blend and on product shelf life, *International Journal of Food Microbiology*, 1-6.
- Palmers S., Grauwet, T., Celus, M., Wibowo, S., Kebede, B. T., Hendricksx, M. E., Loey, A. V., (2015). A kinetic study of furan formation during storage of shelf-stable fruit juices. *Journal of Food Engineering* 165, 74–81.
- Patterson MF, Ledward DA, Rogers N (2006). High pressure processing, in (J.G. Brennan, Ed.), *Food Processing Handbook*, Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 173-200.
- Perecin TN, Silva LCAS, Harder MNC, Oliveira ACS, Arevalo R, Arthur V (2011). Evaluation of the effects of gamma radiation on physical and chemical characteristics of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Meer) cv. Smooth Cayenne minimally processed. *Progress in Nuclear Energy*, (2011) 1-3.
- Pereira E., Barros, L., Antonio, A. L., Verde, S. C., Santos-Buelga, C., Ferreira, I. C. F. R (2016). Infusions from *Thymus vulgaris* L. treated at different gamma radiation doses: Effects on antioxidant activity and phenolic composition *LWT - Food Science and Technology* 74, 34-39.
- Pereira E., Pimenta, A.I., Calhella, R.C., Antonio, A.L., Barros, L., Santos-Buelga, C., Verde, S.C., Ferreira, I.C.F.R (2017). Infusions of gamma irradiated *Aloysia citrodora* L. and *Mentha x piperita* L.: Effects on phenolic composition, cytotoxicity, antibacterial and virucidal activities. *Industrial Crops and Products* 97, 582–590.

- Pe'rez M. B., Caldero'n, N. L., Croci, C. A (2007). Radiation-induced enhancement of antioxidant activity in extracts of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Food Chemistry*, 104, 585-592.
- Perez-Ambrocio A., Guerrero-Beltran, J.A., Aparicio-Fernandez, X., Avila-Sosa, R., Hernandez-Carranza, P., Cid-Perez, S., Ochoa-Velasco, C.E (2017). Effect of blue and ultraviolet-C light irradiation on bioactive compounds and antioxidant capacity of habanero pepper (*Capsicum chinense*) during refrigeration storage. *Postharvest Biology and Technology* 135, 19–26.
- Perkins-Veazie P, Collins, J.K., Howard, L (2008), Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation, *Postharvest Biology and Technology* 47, 280–285.
- Pezet R, Pont V (1992). Differing biochemical and histological studies of two grape cultivars in the view of their respective susceptibility and resistance to *Botrytis cinerea*. In: Verhoeff, K., Malathrakis, N.E., Williamson, B. (Eds.), *Recent Advances in Botrytis Research*, Proc. Tenth Int. Botrytis Symp., Pudoc Scientific Publisher, Wageningen, The Netherlands, pp. 93–98.
- Picouet, P. A., Sarraga, C., Cofan, S., Belletti, N., Guardia, M. D (2015). Effects of thermal and high-pressure treatments on the carotene content, microbiological safety and sensory properties of acidified and of non-acidified carrot juice. *LWT - Food Science and Technology* 62, 920-926.
- Plaza, L., Sánchez-Moreno, C., Elez-Martínez, P., Ancos, B., Martín-Belloso, O., Cano, M.P (2006). Effect of refrigerated storage on vitamin C and antioxidant activity of orange juice processed by high-pressure or pulsed electric fields with regard to low pasteurization. *Eur. Food Res. Technol.* 223,487–493.
- Piga A, Del Caro A, Corda G (2003) “From Plums to Prunes: Influence of Drying Parameters on Polyphenols and Antioxidant Activity” *J. Agric. Food Chem.*, 51 (12): 3675–3681
- Pinela J., Barreira, J. C. M., Barros, L., Verde, S. C., Antonio, A. L., Carvalho, A. M., Oliveira, M. B. P. P., Ferreira, I. C. F. R (2016). Suitability of gamma irradiation for preserving fresh-cut watercress quality during cold storage. *Food Chemistry*, 206, 50-58.
- Pino-Garcia, R.D., Gonzalez-SanJose, M., Rivero-Perez, M.D., Garcia-Lomillo, J., Muniz, P (2017). The effects of heat treatment on the phenolic composition and antioxidant capacity of red wine pomace seasonings. *Food Chemistry* 221, 1723–1732.
- Pinto, E.P., Perin, E. C., Schott, I. B., Rodrigues, R.S., Lucchetta, L., Manfroi, V., Rombaldi, C. V (2016). The effect of postharvest application of UV-C radiation on the phenolic compounds of conventional and organic grapes (*Vitis labrusca* cv. ‘Concord’). *Postharvest Biology and Technology* 120, 84–91.
- Piga, A., D'hallewin, G., D'aquino, S, Agabbio, M (1997). Influence of film wrapping and UV irradiation on cactus pear quality after storage. *Packaging Technology and Science* 10, 59– 68.

- Prakash S, Singhal RS, Kulkarni PR (2002). Enzymic debittering of Indian grapefruit (*Citrus paradisi*) juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Volume 82, Issue 4, 394–397.
- Rawson, A., Patras, A., Tiwari, B.K., Noci, F., Koutchma, T., Brunton, N (2011). Effect of thermal and non-thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: review of recent advances. *Food Res.Int.* 44, 1875–1887.
- Raynal J, Moutounet, M (1989). Intervention of phenolic compounds in plum technology. 2. Mechanisms of anthocyanin degradation. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 37, 1051-1053.
- Refai, M.K., Aziz, N.H., Ferial, El-Far, Hassan, A.A (1996). Detection of ochratoxin produced by *A. ochraceus* in feed stuffs and its control by radiation. *International journal of Applied Radiation*. 47, 617–621.
- Riberiro, J., Cavaglieri, L., Vital, H., Cristofolini, A., Merkis, C., Astoreca, A., Orlando, J., Caru, M., Dalcerro, A., Rosa, CAR (2011). Effect of gamma radiation on *Aspergillus flavus* and *Aspergillus ochraceus* ultrastructure and mycotoxin production. *Radiation Physics and Chemistry*, 80, 658–663.
- Rivas A, Rodrigo D, Martinez A, Barbosa-Canovas GV, Rodrigo M (2006). Effect of HIPEF and heat pasteurization on the physical-chemical characteristics of blended orange and carrot juice. *LWT- Food Science and Technology*, 39, 1163-1170.
- Riganakos, K. A., Karabagias, I. K., Gertzou, I., Stahl, M (2017). Comparison of UV-C and thermal treatments for the preservation of carrot juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 42, 165–172.
- Riov J, Monselise SP and Kahan RS (1968). Effect of gamma radiation on phenylalanine ammonia-lyase activity and accumulation of phenolic compounds in citrus fruit peel. *Radiat Bot* 8, 463–466.
- Rodrigo, D., Van Loey, A., Hendrickx, M (2007). Combined thermal and high pressure colour degradation of tomato puree and strawberry juice. *Journal of Food Engineering*, 79, 2, 553–560.
- Romero-Pérez A. I., Ibern-Gómez, M., Lamuela-Reventós, R. M., de la Torre-Boronat, M. C (1999). Piceid, the major resveratrol derivative in grape juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 1533–1536.
- Ros-Polski V., Popovic, V., Koutchma, T (2016). Effect of ultraviolet-C light treatment on Hydroxymethylfurfural (5-HMF) content in high fructose corn syrup (HFCS) and model syrups. *Journal of Food Engineering* 179, 78-87.
- Rossitto P. V., Cullor, J. S., Crook, J., Parko, J., Sechi, P., Cenci-Goga, B. T (2012). Effects of UV irradiation in a continuous turbulent flow UV reactor on microbiological and sensory characteristics of cow's milk. *Journal of Food Protection*, 75, 12, 2197–2207.

- Rustom IYS (1997). Aflatoxin in food and feed: occurrence, legislation and inactivation by physical methods. *Food Chem.* 59 (Suppl.1), 57–67.
- Sabato SF, da Silva JM, da Cruz JN, Salmieri S, Rela PR, Lacroix M (2009). Study of physical-chemical and sensorial properties of irradiated Tommy Atkins mangoes (*Mangifera indica* L.) in an international consignment. *Food Control*, 20, 284-288.
- Sampedro F, Phillips J, Fan X (2014). Use of response surface methodology to study the combined effects of UV-C and thermal processing on vegetable oxidative enzymes. *LWT - Food Sci Technol* 55, 1, 189–96.
- Santhirasegaram, V., Razali, Z., George, DS., Somasundram, C (2015). Comparison of UV-C treatment and thermal pasteurization on quality of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice. *Food and Bioproducts Processing*, 94, 313-321.
- Salama, A.M., Ali, M.I., El-Kirdassy, Z.H., Ali, T.M (1977). A study on fungal radioresistance and radiosensitivity. *Zbl. Baket. Abt. II, Bd. 132*, 1–13.
- Saleh, N.A. ve Aziz, N.H (1996). Incidence of mycotoxins in feed stuffs and effects of gamma irradiation and sodium propionate on aflatoxin production by *Aspergillus flavus*. *Journal of Egyptian Med.Assoc.* 56, 281–299.
- Sanchez-Moreno C., Plaza, L., De Ancos, B. and Cano MP (2006). Nutritional characterization of commercial traditional pasteurized tomato juices: Carotenoids, vitamin C and radical scavenging capacity. *Food Chemistry* 98: 749-756.
- Sastry S.K., Datta A.K, Worobo R.W (2000). Ultraviolet light. *Journal Food Science, Supplement* 65(12): 90–92.
- Schweiggert, U., Schieber, A., Carle, R (2005). Inactivation of peroxidase, polyphenoloxidase, and lipoxygenase in paprika and chili powder after immediate thermal treatment of the plant material. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 6, 2005, 403 – 411.
- Selma, M.V., Allende, A., Galvez-peç, F., Conesa, M.A. and Gil, M.I (2008), Disinfection potential of ozone, ultraviolet-C and their combination in wash water for the fresh-cut vegetable industry, *Food Microbiology* 25, 809– 814.
- Serra-Cayuela, A., Aguilera-Curiel, M. A. Riu-Aumatell, M., Buxaderas, S., Lopez-Tamames, E (2013). Browning during biological aging and commercial storage of Cava sparkling wine and the use of 5-HMF as a quality marker. *Food Research International*, 53, 226–231.
- Shinohara, K., Kim, E. H., & Omura, H (1986). Furans as the mutagens formed by amino-carbonyl reactions. In M. Fujimaki, M. Namiki, H. Kato (Eds.), *Amino-carbonyl reactions in food and biological systems*, 353–361. Amsterdam: Elsevier.
- Shah, N. N. A. K., Shamsudin, R., Rahman, R. A., Adzahan, N. M (2016). *Fruit Juice Production Using Ultraviolet Pasteurization: A Review*

- Shama, G (1999), Ultraviolet light. In R. K. Robinson, C. Batt, & P. Patel (Eds.), *Encyclopedia of Food Microbiology*, 3., 2208–2214, London: Academic Press.
- Shen, M., Liu, Q., Jia, H., Jiang, Y., Nie, S., Xie, J., Li, C., Xie, M (2016). Simultaneous determination of furan and 2-alkylfurans in heat-processed foods by automated static headspace gas chromatography-mass spectrometry. *LWT - Food Science and Technology*, 72, 44-54.
- Shrikhande, A.J. ve Francis, F.J (1974). Effect of flavonols on ascorbic acid and anthocyanin stability in model systems. *Journal of Food Science*, 39, 904-906.
- Serra, A.T., Duarte, R.O., Bronze, M.R., Duarte, C.M (2011). Identification of bioactive response in traditional cherries from Portugal. *Food Chemistry*, 125, 318–325.
- Simic MG (1983). Radiation chemistry of water-soluble food components. In: Josephson ES, Peterson MS, editors. *Preservation of food by ionizing radiation*. Vol. 2. Boca Raton, Fla.: CRC Press. P 1–73.
- Simsek A, Poyrazoğlu ES, Karacan S, Veliöğlu YS (2007). Response surface methodological study on HMF and fluorescent accumulation in red and white grape juices and concentrates. *Food Chemistry* 101, 987–994.
- Singleton, V. L., Rossi, J. A (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal Enology Viticulture*, 16, 144–158.
- Sizer, C. E. ve Balasubramaniam, V. M (1999), New intervention processes for minimally processed juices. *Food Technology*, 53, 64–67.
- Song, H., Kim, D., Jo, C., Lee, C., Kim, K., Byun, M (2006). Effect of gamma irradiation on the microbiological quality and antioxidant activity of fresh vegetable juice. *Food Microbiology* 23, 372–378.
- Song, J., Smart, R., Wang, H., Damberg, B., Sparrow, A., Qian, M. C (2015). Effect of grape bunch sunlight exposure and UV radiation on phenolics and volatile composition of *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir wine. *Food Chemistry* 173, 424–431.
- Song HP, Byun MW, Jo C, Lee CH, kim KS, Kim DH (2007). Effects of gamma irradiation on the microbiological, nutritional, and sensory properties of fresh vegetable juice. *Food Control* 18, 5–10.
- Soyer, Y., Koca, N., Karadeniz, F (2003). Organic acid profile of Turkish white grapes and grape juices. *Journal of Food Composition and Analysis* 16, 629–636.
- Souza PM, Fernandez A (2012). Consumer acceptance of UV-C treated liquid egg products and preparations with UV-C treated eggs. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 14, 107–114.
- Spikes J (1981). Photodegradation of foods and beverages. In *Photochemical and Photobiological Reviews*, 6, Plenum Press: New York, NY, USA, 1981; pp. 39–81.
- Stervbo, U., Vang, O., Bonnesen, C (2007). A review of the content of the putative chemopreventive phytoalexin resveratrol in red wine. *Food Chemistry*, 101, 449–457.

- Stevens C., Khan V.A., Lu J.Y., Wilson C.L., Pusey P.L., Kabwe M.K., Igwegbe E.C.K., Chalutz E. and Droby S (1998). The germicidal and hormetic effect of UV-C light on reducing brown rot disease and yeast microflora of peaches. *Crop Protection* 17(1): 75–84.
- Stevens, C., Wilson, C.L., Lu, J.Y., Khan, V.A., Chalutz, E., Droby, S., Kabwe, M.K., Haung, Z., Adeyeye, O., Pusey, L.P., Wisniewski, M.E. and West, M (1996). Plant hormesis induced by ultraviolet light-C for controlling postharvest diseases of tree fruits. *Crop Prot.* 15, 129–134.
- Stevens, C., Lu, J. Y., Khan, V. A., Wilson, C. L., Kabwe, M. K., Haung, H (1990). A preliminary study of possible mechanisms of ultraviolet induced resistance to postharvest rots. *Phytopathology*, 80, 1019.
- Song, HP., Byun, MW., Jo, C., Lee, CH., Kim, KS., Kim, DH (2007). Effect of gamma irradiation on the microbiological, nutritional, and sensory properties of fresh vegetable juice. *Food Control*, 18, 5-10.
- Song, H., Kim, D., Jo, C., Lee, C., Kim, K., Byun, M (2006). Effect of gamma irradiation on the microbiological quality and antioxidant activity of fresh vegetable juice. *Food Microbiology*, 23, 372-378.
- Taira, S., Ono, M. Matsumoto, N (1997). Reduction of persimmon astringency by complex formation between pectin and tannin. *Postharvest Biology and Technology* 12: 265-271.
- Talcott, ST., Percival, SS, Pittet-Moore, J., Celoria, C., (2003). Phytochemical composition and antioxidant stability of fortified yellow passion fruit (*Passiflora edulis*). *Journal of Agriculture and Chemistry*, 51 (4), 935-941.
- Tandon, K., Worobo, R. W., Churey, J. J., & Padilla-Zakour, O. I. (2003). Storage quality of pasteurized and UV treated apple cider. *Journal of Food Processing and Preservation*, 27(1), 21–35.
- Tevari G, Jujena VK (2007). *Advances in Thermal and Non-Thermal Food Preservation*. 241-279. Blackwell Publishing, Iowa, USA.
- Timmermans, R.A.H., Mastwijk, H.C., Knol, J.J., Quataert, M.C.J., Vervoort, L., der Plancken, I.V., Hendrickx, M.E., and Matser, A.M. (2011). Comparing equivalent thermal, high pressure and pulsed electric field processes for mild pasteurization of orange juice. Part I: Impact on overall quality attributes. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 12, 235–243.
- Tornaletti S, (2005). Transcription Arrest at DNA Damage Sites, *Mutation Research*, 577, 131-145.
- Tran M.T.T. ve Farid, M., (2004), Ultraviolet treatment of orange juice, *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 5, 495– 502.
- Tucker GS (2007). *Food Biodeterioration and Preservation*. Oxford: Wiley-Blackwell.

- Updegrave K. (2005). Human Milk Banking in the United States. *Newborn and Infant Nursing Reviews*, 5(1), 27–33.
- U. S. Food and Drug Administration. (2000). 21 CFR Part 179. Irradiation in the production, processing and handling of food. *Fed. Regist.* 65, 71056-71058.
- Uysal-Pala, Ç. ve Kırca Toklucu, A. (2013). Microbial, physicochemical and sensory properties of UV-C processed orange juice and its microbial stability during refrigerated storage. *LWT - Food Science and Technology* 50, 426-431.
- Uysal Pala, Ç. ve Kırca Toklucu, A., (2011). Effect of UV-C light on anthocyanin content and other quality parameters of pomegranate juice. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, 790–795.
- Ünlütürk, A. ve Turantaş, F. (1999). *Gıda Mikrobiyolojisi*. 2nd edition. Mengi Tan Basımevi, İzmir, Turkey.
- Ünlütürk, S., Atılğan, M.R., Baysal, A.H., Tarı, C., (2008). Use of UV-C radiation as a non-thermal process for liquid egg products (LEP). *Journal of Food Engineering* 85, 561–568.
- Ünlütürk S, Atılğan MR, (2015). Microbial Safety and Shelf Life of UV-C Treated Freshly Squeezed White Grape Juice. *Journal of Food Science*, 80 (8), 1831-41.
- Valero, A., Begum, M., Leong, S.L., Hocking, A.D., Ramos, A.J., Sanchis, V., Marin, S., (2007). Effect of germicidal UVC light on fungi isolated from grapes and raisins. *Letters in Applied Microbiology* 45, 238–243.
- Variyar, P. S., Bandyopadhyay, C., Thomas, P., (1998). Effect of gamma irradiation on the phenolic acids of some Indian spices. *International Journal of Food Science and Technology*, 33, 533-537.
- Variyar, P. S., Limaye, A., Sharma, A., (2004). Radiation-induced enhancement of antioxidant contents of soybean (*Glycine max* Merrill). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52, 3385-3388.
- Varnam AH, Sutherland JP (2001). *Milk and Milk Products: Technology, Chemistry and Microbiology*, vol.1. Springer Science & Business Media. Gaithersburg, MD.
- Vasvada P, Heparan D (2002). Non-thermal alternative processing Technologies for the control of spoilage bacteria in fruit juices and fruit-based drinks. *Food Safety Magazine* 8 (1), 8-13, 46-48.
- Vazgeçer, B. (1998). Gamma Işınlamanın Ticari Öneme Sahip Bazı Baharatların Mikrobiyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi, Danışman: Ayhan Temiz, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği ABD, Ankara.

- Vegara, S., Marti, N., Mena, P., Saura, D., Valero, M., (2013). Effect of pasteurization process and storage on color and shelf-life of pomegranate juices. *LWT - Food Science and Technology* 54, 592-596.
- Venugopal V, Doke SN, Thomas P (1999). Radiation processing to improve the quality of fishery products, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 39 (5), 391-440.
- Vicente, A. R., Martínez, G. A., Chaves, A. R., Civello, P. M., (2006). Effect of heat treatment on strawberry fruit damage and oxidative metabolism during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 40, 116-122.
- Villavicencio, A.L.C.H., Mancini-Filho, J., Delincee, H., Greiner, R., (2000). Effect of irradiation on anti-nutrients (total phenolics, tannins and phytate) in Brazilian beans. *Radiation Physics and Chemistry*, 57, 289–293.
- Vinas P, Campillo N, Hernandez-Perez M, Hernandez-Cordoba M (2008). A comparison of solid-phase microextraction and stir bar sorptive extraction coupled to liquid chromatography for the rapid analysis of resveratrol isomers in wines, musts and fruit juices. *analytica chimica acta* 611, 119–125.
- Wang, T., McGregor, S. J., Anderson, J. G., & Woolsey, G. A. (2005). Pulsed ultra-violet inactivation spectrum of *Escherichia coli*. *Water Research*, 39, 2921–2925.
- Wassmann, M., Moeller, R., Reitz, G., Rettberg, P., (2011). Growth phase-dependent UV-C resistance of *Bacillus subtilis*: data from a short-term evolution experiment. *Arch. Microbiol.* 193, 823–832.
- Wegener, J. ve Lopez-Sanchez, P., (2010). Furan levels in fruit and vegetables juices, nutrition drinks and bakery products. *Analytica Chimica Acta* 672, 55–60.
- Wellmann, E., (1975). UV dose-dependent induction of enzymes related to flavonoid biosynthesis in cell suspension cultures of parsley. *FEBS Letters*, 51, 105-107.
- Wibowo, S., Grauwet, T., Santiago, J. S., Tomic, J., Vervoort, L., Hendrickx, M., Van Loey, A., (2015). Quality changes of pasteurised orange juice during storage: A kinetic study of specific parameters and their relation to colour instability. *Food Chemistry*, 187, 140-151.
- Wong, E., Linton, R.H., Gerrard, D.E., (1998). Reduction of *Escherichia coli* and *Salmonella senftenberg* on pork skin and pork muscle using ultraviolet light. *Food Microbiology* 15, 415 – 423.
- World Health Organization (WHO), (1994). Safety and Nutritional Adequacy of Irradiated Food. WHO, Geneva, 1–17.
- Wrolstad, R.E., Durst, W., Lee, J., (2005). Tracking color and pigment changes in anthocyanin products, *Food Science and Technology*, 16 (2005) 423-428.
- Yaun B.R., Sumner S. S., Eifert J. D., Marcy J. E., (2004). Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. *International Journal of Food Microbiology* 90, 1 – 8.

- Yemenicioğlu, A. ve Cemeroğlu, B., (1998). Hale Haven Seftalilerinde Polifenol Oksidaz Enzimlerinin Bazı Nitelikleri. *Journal of Agriculture and Forestry* 22, 261-265.
- Yajima H., Takao M., Yasuhira S., Zhao J.H., Ishii C., Inoue H. Yasui A. (1995). A eukaryotic gene encoding an endonuclease that specifically repairs DNA damage by ultraviolet light. *The EMBO Journal* 14(10): 2393–2399.
- Yaylayan, V. A, (2006). Precursors, formation and determination of furan in food. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 1, 1, 5–9.
- Yeom, H. W., Streaker, C. B., Zhang, Q. H., Min, D. B. (2000). Effects of pulsed electric fields on the quality of orange juice and comparison with heat pasteurization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 4597–4605.
- Yousef A, Marth EH, (1988). Inactivation of *Listeria monocytogenes* by Ultraviolet Energy *Journal of Food Science* 53(2):571 – 573.
- Youssef, B.M., Asker, A.A., El-Samahy, S.K., Swailam, H.M. (2002). Combined effect of steaming and gamma irradiation on the quality of mango pulp stored at refrigerated temperature. *Food Res.Int.*, 35, 1–13.
- Zobel A M, (1997). Coumarins in fruit and vegetables. In F. A. Toma's- Barbera'n ve R. J. Robbins (Ed.), *Photochemistry of fruit and vegetables*, sayfa, 173-204. Oxford, UK: Clanderon Press.

EKLER

EK 1.

	Duyusal Değerlendirme Kriterleri	1-Çok kötü (Kabul edilemez)	2-Kötü	3-Orta	4-İyi	5-Çok iyi
Örnek No	Görünüş Kabul edilebilir meyve suyu görünümü olmalı, Berrak ya da hafif tortulu olmalı.					
	Renk Belirgin üzüm suyu rengi olmalı, Koyu kahverengi, siyah-gri renkte olmamalı.					
	Koku Belirgin meyve suyu kokusuna sahip olmalı, Ekşi, asidik, metalik, küfümsü ve yabancı kokular bulunmamalı.					
	Tat Kendine özgü tadında olmalı, Acı, ekşi, yabancı tat olmamalı.					

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında İzmir’de doğmuş, ilk, orta ve lise öğrenimini İzmir’de tamamlamıştır. 2003-2007 yılları arasında Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü’nde lisans öğrenimini tamamlamış ve 2007 yılında Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. Meyve-Sebze Teknolojisi Bölümü’nde yürüttüğü yüksek lisans eğitimini 2009 yılında tamamlamıştır. Aynı yıl Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda doktora eğitimine, 2010 yılında Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde araştırma görevlisi olarak göreve başlamıştır. Bu yıldan itibaren doktora eğitimine Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda devam etmiş ve yürüttüğü doktora eğitimini 2018 yılında tamamlamıştır.