

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZİ

BAZI MEYVE SULARINA
ISIL İŞLEME ALTERNATİF OLARAK
ULTRAVİYOLE IŞINLARININ UYGULANMASI

Çiğdem UYSAL PALA

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 18/02/2011

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Ayşegül KIRCA TOKLUCU

ÇANAKKALE

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ÇİĞDEM UYSAL PALA tarafından **DOÇ. DR. AYŞEGÜL KIRCA TOKLUCU** yönetiminde hazırlanan “**BAZI MEYVE SULARINA ISIL İŞLEME ALTERNATİF OLARAK ULTRAVİYOLE IŞINLARININ UYGULANMASI**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ayşegül KIRCA TOKLUCU

Danışman

Doç. Dr. Yonca YÜCEER

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Murat ŞEKER

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Figen KOREL

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Nükhet N. ZORBA

Jüri Üyesi

Sıra No :

Tez Savunma Tarihi: 18/02/2011

Prof. Dr. İsmail TARHAN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Hazırlanan bu Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından 2009/79 ve 2009/112 no'lu projelerden desteklenmiştir.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Çiğdem UYSAL PALA

TEŞEKKÜRLER

Bu tezin gerçekleştirilmesi sırasında yol gösteren, olumlu yaklaşımı ile her zaman destek olan ve bizzat yardımcı olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Ayşegül KIRCA TOKLUCU'ya,

Tez projesinin şekillenmesinde ve UV reaktörünü kullanmamız yönündeki desteklerini esirgemeyen ve çalışma azmi ile her zaman örnek olan değerli tez izleme komitesi üyesi Doç. Dr. Yonca KARAGÜL YÜCEER'e,

Nar meyvelerinin soğuk muhafazasında Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri bölümünün soğuk hava depolarını kullanmam konusunda yardım eden ve çalışma boyunca bilimsel katkılarından dolayı değerli tez izleme komitesi üyesi Doç. Dr. Murat ŞEKER'e,

Tez projesinin gerçekleşmesinde maddi desteklerinden dolayı Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na,

HPLC tekniği ile antosiyanin analizi konusunda deneyimlerini paylaşan ve laboratuvarını tüm imkânlarıyla kullanmama izin veren sayın Prof. Dr. Mehmet ÖZKAN'a ve sevgili Meltem TÜRKYILMAZ'a,

Nar meyvelerinin Antalya ili Demre ilçesinden temin edilmesinde bizzat yardımcı olan sevgili Ayşe KARATOP'a,

Tez çalışmasının laboratuvar aşamasında, her ihtiyacım olduğunda yardımlarını esirgemeyen çok değerli Arş. Görv. Onur GÜNEŞER'e,

Depolama çalışmasının yürütülmesinde laboratuvar imkânlarını kullanmamda katkıları bulunan Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Doç. Dr. Önder AYYILDIZ'a ve değerli arkadaşım Arş. Görv. Burcu İLERİ'ye,

HPLC analizlerinin yapılmasında katkılarından dolayı sayın Yrd. Doç. Dr. N. Barış TUNCEL'e,

İnokülasyon çalışmasının yapılmasında yardımlarından ve manevi desteklerinden dolayı değerli arkadaşlarım Dr. Sine ÖZMEN TOGAY ve Dr. Mine ÇARDAK'a,

Meyve sularının hazırlanması ve duyu analizlerin yapılması aşamalarında katkısı bulunan Gıda Mühendisliği bölümü lisans öğrencilerimiz'e,

İstatistiksel analizlerin yapılmasında yol gösteren ve her zaman manevi desteği ile yanımda olan değerli eşim Doç. Dr. Akın PALA'ya,

Sabır ve sevgisiyle her zaman yanımda olan Annem'e ve Babam'a, ve varlığı ile mutluluk kaynağım sevgili oğlum Semih Tan'a,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çiğdem UYSAL PALA

SİMGELER VE KISALTMALAR

UV	Ultraviyole
NS	Nar suyu
PS	Portakal suyu
DNA	Deoksiribonükleik asit
HHP	Yüksek Hidrostatik Basınç
PEF	Vurgulu Elektrik Alan
HILP	High Intensity Light Pulses
MTS	Manotermosonikasyon
USDA	US Department of Agriculture
FDA	Food and Drug Administration
NACMCF	National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods
LPM	Low Pressure Mercury
MPM	Medium Pressure Mercury
LP	Light Pulses
PPO	Polifenol Oksidaz
POD	Peroksidaz
PME	Pektin Metil Esteraz
PTFE	Polytetrafloroetilen
dak.	Dakika
sn.	Saniye
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
TEAC	Trolox Eşdeğeri Antioksidan Kapasite
Kob	Koloni Oluşturan Birim
k	Reaksiyon Hız Sabiti
β	Şekil Parametresi
$t_{1/2}$	Yarı Ömür Süresi
Ea	Aktivasyon Enerjisi
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
AIJN	Association of the Industry of Juices and Nectars
USRDA	United States Recommended Daily Allowances

ÖZET
BAZI MEYVE SULARINA ISIL İŞLEME ALTERNATİF OLARAK
ULTRAVİYOLE IŞINLARININ UYGULANMASI

Çiğdem UYSAL PALA

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi

Danışman : Doç. Dr. Ayşegül KIRCA TOKLUCU

18/02/2011, 91

Bu çalışmada, nar ve portakal sularına, raf ömürlerinin arttırılması amacıyla Ultraviyole-C (UV-C) ışınları uygulanmış ve UV-C ışınlarının, nar ve portakal suyunun çeşitli kalite özellikleri (mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşsal özellikler) ve depolama stabilitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, UV-C uygulanmamış kontrol grubu örnekleri ve 90°C’de 2 dak. ısıtım uygulanmış portakal ve nar suyu örnekleri ile karşılaştırılmıştır. 3 geçiş UV-C dozu uygulanmış nar ve portakal suyu örneklerinin toplam canlı sayısında, sırasıyla 1.53 log ve 2.8 log, maya küf sayısında 1.30 log ve 0.34 log düzeyinde azalmaların olduğu saptanmıştır. Meyve sularına inoküle edilen *E. coli* ATCC 25922 sayısında ise, nar suyunda 6.15 log ve portakal suyunda 5.72 log azalma ile mevcut UV-C reaktör kullanılarak hedef patojen bakteride kabuledilebilir bir azalma (>5 log) sağlanmıştır. Nar ve portakal sularının başlıca kalite parametrelerinde (nar suyunda antosiyanin ve polimerik renk, portakal suyunda askorbik asit) UV-C uygulaması sonucunda önemli bir değişim gözlenmezken ($P>0.05$), ısıtım uygulamasının bu parametreleri önemli derecede kayba uğrattığı belirlenmiştir ($P<0.05$). Meyve suyu örneklerinin antioksidan aktivite, toplam fenol, organik asit profili, pH, briks ve titrasyon asitliği değerleri UV-C ve ısıtım uygulamaları ile önemli derecede değişmemiştir ($P>0.05$). Tüketici beğeni testlerine göre, tat ve aroma bakımından UV-C uygulanmış meyve suları, ısıtım görmüş ürünlere göre daha çok tercih edilmiştir. Bununla birlikte, üçgen testi sonucunda panelistler, taze ve UV-C uygulanmış meyve suyu örneklerini birbirlerinden ayıramamışlardır. Soğuk koşullarda (4 ve 10°C) depolama sonucunda, UV-C uygulaması ile taze meyve sularının raf ömürleri önemli derecede uzamış ve meyve sularının başlıca kalite kriterleri (antosiyanin ve askorbik asit) ısıtım işleme göre daha iyi korunmuştur.

Anahtar sözcükler: Ultraviyole ışınları, nar suyu, portakal suyu, kalite, depolama

ABSTRACT

ULTRAVIOLET LIGHT AS AN ALTERNATIVE TO THERMAL TREATMENT IN FRUIT JUICES

Çiğdem UYSAL PALA

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School

Food Engineering Dissertation, Ph.D.

Advisor : Assoc. Prof. Dr. Ayşegül KIRCA TOKLUCU

18/02/2011, 91

In this study, pomegranate juice (PJ) and orange juice (OJ) were subjected to UV-C lights for extension of their shelf lives and effects of UV-C on quality characteristics (microbiological, chemical and sensorial) and storage stability of juices were investigated. The results were compared with control (untreated) and heat treated (at 90°C, 2 min) juice samples. 3 passes UV-C treatment of PJ and OJ resulted in 1.53 log and 2.8 log reductions in aerobic plate count and, 1.30 log and 0.34 log reductions in yeast and mould count, respectively. After 3 passes of UV-C treatment, 6.15 log reduction in PJ and 5.72 log reduction in OJ were achieved for *E.coli* ATTC 25922 inoculated juices which indicates an acceptable reduction of potential pathogen in juices with the current UV-C reactor. While, major quality parameters of UV-C treated PJ and OJ, which were anthocyanin pigments and polimeric color for PJ and ascorbic acid for OJ, did not change significantly ($P>0.05$), these quality parameters were affected significantly by heat treatment ($P<0.05$). There were no significant changes in antioxidant capacity, total phenolics, organic acid profile, pH, brix and titration acidity values of PJ after UV-C and heat treatments ($P>0.05$). Consumer tests showed that UV-C treated juices were more preferred than heat treated juices with regard to flavor and aroma characteristics. According to triangle test results, no significant difference was found between fresh and UV treated juices. After storage in refrigerated conditions (4 and 10°C), UV-C treatment notably extended the shelf life of fresh juices and maintained the major quality parameters of juices (anthocyanin and ascorbic acid) compared with heat treatment.

Keywords: Ultraviolet light, pomegranate juice, orange juice, quality, storage

İÇERİK	Sayfa
TEZ SINAVI SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
BÖLÜM 1 – GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 – ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
2.1. Ultraviyole (UV) Işınlama Teknolojisi.....	4
2.2. Ultraviyole Işınları ve Etki Mekanizması.....	4
2.3. Meyve Sularına Ultraviyole Uygulanmasında Kullanılan Reaktörler ve Mikrobiyal İnaktivasyon Etkinlikleri.....	5
2.4. Ultraviyole Uygulamasının Meyve Sularının Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri.....	11
BÖLÜM 3- MATERYAL ve YÖNTEM.....	14
3. 1. Materyal.....	14
3.2. Yöntem.....	14
3.2.1. Meyve Suyu Üretimi.....	14
3.2.2 UV-C uygulaması.....	14

3.2.3. Isıl İşlem Uygulaması.....	16
3.2.4. Depolama Çalışması.....	16
3.2.5. Meyve Sularına Uygulanan Analiz Yöntemleri.....	17
3.2.5.1 Antosiyaninlerin Dağılımı ve Miktarı.....	17
3.2.5.2. Organik Asit Analizi.....	19
3.2.5.3. Askorbik Asit Analizi.....	20
3.2.5.4. Toplam Monomerik Antosiyanin Tayini.....	21
3.2.5.5. Antosiyanin Parçalanma Ölçütleri Tayini.....	22
3.2.5.6 Antioksidan Aktivite Tayini.....	23
3.2.5.7. Toplam Fenol Tayini.....	24
3.2.5.8. Suda Çözünür Kurumadde (Briks) Tayini.....	25
3.2.5.9. pH Tayini.....	25
3.2.5.10. Titrasyon Asitliği Tayini.....	25
3.2.5.11. Mikrobiyolojik Analizler.....	25
3.2.5.12. Duyusal Analiz.....	27
3.2.6. Kinetik Katsayıların Hesaplanması.....	30
3.2.7. İstatistiksel Analiz.....	32
BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	33
4.1. UV-C Reaktörün Mikrobiyolojik Performansı.....	33

4.1.1. UV-C Uygulamasının Nar Suyunun Doğal Mikroflorası Üzerine Etkisi.....	33
4.1.2. UV-C Uygulamasının Portakal Suyunun Doğal Mikroflorası Üzerine Etkisi.....	34
4.1.2. UV-C Işınlmasının Meyve Sularına İnoküle Edilen <i>E.coli</i> ATTC 25922 Üzerine Etkisi.....	36
4.2. UV-C Işınlmasının Meyve Sularının Kimyasal Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri.....	38
4.2.1. Nar Suyunun Kimyasal Kalite Özelliklerindeki Değişimler.....	38
4.2.1.1. Nar Suyunun Monomerik Antosiyanin İçeriği ve Polimerik Rengindeki Değişimler.....	39
4.2.1.2. Nar Suyunun Antosiyanin Profilindeki Değişimler.....	41
4.2.1.3. Nar Suyunun Toplam Fenol ve Antioksidan Aktivite Düzeyindeki Değişimler.....	43
4.2.1.4. Nar Suyunun Organik Asit Profilindeki Değişimler.....	44
4.2.1.5. Nar Suyunun Bazı Fiziko-Kimyasal Özelliklerindeki Değişimler.....	46
4.2.2. Portakal Suyunun Kimyasal Kalite Özelliklerindeki Değişimler.....	46
4.2.2.1. Portakal Suyunun Askorbik Asit ve Diğer Organik Asitlerindeki Değişimler.....	47
4.2.2.2. Portakal Suyunun Toplam Fenol ve Antioksidan Aktivite Düzeyindeki Değişimler.....	50
4.2.2.3. Portakal Suyunun Bazı Fiziko-Kimyasal Özelliklerindeki Değişimler...	51
4.3. UV-C Uygulamasının Meyve Sularının Duyusal Kalitesi Üzerine Etkisi.....	52
4.3.1. UV-C Uygulanmış Nar ve Portakal Sularının Tüketiciler Tarafından Beğeni Durumu.....	52
4.3.2. UV-C Uygulanmış Nar ve Portakal Sularının Kontrol ve Isıl İşlem Görmüş Meyve Sularına Göre Farklılık Durumları.....	53
4.4. UV-C ve Isıl İşlem Uygulanmış Meyve Sularının Farklı Sıcaklıklarda Depolanması.....	54
4.4.1. Depolama Sıcaklığının Meyve Sularının Mikrobiyal Kalitesi Üzerine Etkisi.....	54

4.4.1.1. Depolama Sıcaklığının Nar Sularının Mikrobiyal Kalitesi Üzerine Etkisi.....	55
4.4.1.2. Depolama Sıcaklığının Portakal Sularının Mikrobiyal Kalitesi Üzerine Etkisi.....	58
4.4.2. Depolama Sıcaklığının Nar Suyunun Antosiyanin İçeriği Üzerine Etkisi.....	63
4.4.3. Depolama Sıcaklığının Portakal Suyunun Askorbik Asit İçeriği Üzerine Etkisi.....	70
BÖLÜM 5 – SONUÇ VE ÖNERİLER	76
KAYNAKLAR.....	79
Çizelgeler.....	I
Şekiller.....	III
Özgeçmiş.....	V

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Son yıllarda hem ülkemizde hem de tüm dünyada nar (*Punica granatum* Linn.), içerdiği kateşinler, ellajik tanenler ve antosiyaninler gibi fenolik bileşenler nedeniyle gittikçe büyük bir önem kazanmış, nara ve bu değerli üründen elde edilen nar suyuna olan ilgi oldukça artmıştır. Bilindiği gibi, nar suyunun en önemli kalite kriterlerinden birisi renktir. Narların parlak pembeden mora kadar olan renkleri antosiyaninlerden kaynaklanmaktadır (Alighourchi ve Barzegar, 2009; Borochoy-Neori ve ark., 2009; Gil ve ark., 2000; Patras ve ark., 2010). Bu nedenle, antosiyaninlerin hem ısıtma işlemi hem de depolama süresince stabil kalması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, nar suyunda bulunan antosiyaninler ve diğer fenolik bileşenlerin kardiyovasküler hastalıklar, inflamasyon ve farklı kanser türleri üzerine önleyici ve tedavi edici etkilerinin bulunduğu bildirilmiştir (Aviram ve ark., 2000; Khan, 2009; Lansky ve Newman, 2007; Malik ve ark., 2005). Nar suyunun sağlık üzerine bu olumlu etkileri, önemli bir antioksidan kaynağı olmasından kaynaklanmaktadır (Aviram ve ark., 2000; Borochoy-Neori ve ark., 2009). Nitekim, nar sularının, yüksek antioksidan aktivitesi ile öne çıkan yeşil çay ve kırmızı şaraba göre 3 kat daha fazla antioksidan aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir (Gil ve ark., 2000).

Portakal (*Citrus cinensis* (L.) Osbeck), dünya çapında meyve suyu endüstrisinin başlıca hammaddesi olup, portakal suyu özellikle askorbik asit, flavanonlar ve karotenoidler gibi içerdiği biyoaktif bileşenler nedeniyle besleyici değeri yüksek ve sağlık üzerine olumlu etkileri bulunan bir meyve suyudur (Proteggente ve ark., 2003; Plaza ve ark., 2006, Lopez-Gomez ve ark., 2010; Nour ve ark., 2010). Portakal suyunun, koroner damar hastalıkları ve kronik astımın önlenmesinde olumlu etkilerinin bulunduğu (Abd-Ghfar ve ark., 2010) ve ayrıca antioksidan, anti-inflamatuar, anti-tümör ve antifungal özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (Nour ve ark., 2010). Zengin bir askorbik asit (C vitamini) kaynağı olan portakal suyu, tüketiciler tarafından daha çok taze olarak tüketilmek istenmektedir (Polydera ve ark., 2003; Plaza ve ark., 2006). Ancak, taze portakal suyu mikroorganizmaların gelişimi sonucu kısa sürede bozulmaktadır. Özellikle maya ve küfler, *Lactobacillus*, *Leuconostoc* ve termofilik *Bacillus* türleri portakal suyunda gelişen yaygın mikroorganizmalardır (Tran ve Farid, 2004).

Meyve suyu üreticileri, ürünlerin mikrobiyolojik güvenilirliklerinin sağlanmasında, geleneksel olarak ürünlerinin asitlik derecelerine güvenmektedir. Diğer yandan, pastörize edilmemiş meyve suları ile ilişkilendirilmiş *Escherichia coli* O157:H7 ve bazı *Salmonella* serotiplerinin neden olduğu gıda kaynaklı hastalık vakaları bulunmaktadır. Bu durum, bu

ürünlerin gıda kaynaklı patojenler için bir araç olabileceğini göstermektedir (Gabriel ve Nakano, 2009; Oteiza ve ark., 2009; Patil ve ark., 2009; Raybaudi-Massila ve ark., 2009). Patojenik *E. coli*, meyve suları gibi asit ortamlarda uzun süre yaşayabilmektedir. Enterik bir patojen olan *E. coli* O157:H7, genellikle hemorajik kolite neden olmakla birlikte, çocuklarda ve bağışıklık sistemi zayıf kişilerde hemolitik üremik sendroma neden olabilecek potansiyele sahiptir (Patil ve ark., 2009). Geleneksel olarak, meyve sularında hem patojen mikroorganizmalardan kaynaklanabilecek hastalık riskini ortadan kaldırmak hem de bozulmayı önlemek amacıyla ısıtma işlemi (pastörizasyon) uygulanmaktadır. Ancak, ısıtma işlemi uygulaması meyve sularının aroma/lezzet bileşenleri, rengi ve besin değeri üzerine olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Plaza ve ark., 2006). Özellikle, antosiyaninlerin ısıtma işlemi sonucu kolayca parçalanmaları ve bunun sonucunda renksiz veya istenmeyen kahverengi bileşiklerin oluşmasından dolayı, nar suyu gibi yoğun antosiyanin içeren meyve sularının renkleri ısıtma işlemi uygulamasından önemli derecede etkilenmektedir (Patras ve ark., 2010). Bunun yanında, vitaminler de termolabil bileşenlerdir. Portakal suyunun önemli bir kalite kriteri olan askorbik asit içeriğinde ısıtma işlemi sonucu önemli kayıplar meydana gelmektedir (Tiwari ve ark., 2008). Son yıllarda, “taze-gibi” yüksek kalitede ve besleyici gıda ürünlerine karşı artan tüketici taleplerinden dolayı gıda işlemede ısıtma olmayan yeni teknolojiler geliştirilmiştir. Bu yeni teknolojiler arasında yüksek hidrostatik basınç (HHP), vurgulu elektrik alan (PEF), ultraviyole (UV) ışınlatma, ultrasound ve ozon gibi uygulamalar yer almaktadır (Erkmen ve Doğan, 2004; Valero ve ark., 2007; Gachovska ve ark., 2008; Tiwari ve ark., 2008; Walkling-Ribeiro ve ark., 2008).

Ultraviyole ışınlatma, meyve sularının muhafazası amacıyla uygulamaları bulunan ısıtma olmayan alternatif bir teknolojidir (Koutchma, 2009). Farklı özellikteki UV reaktörleri kullanılarak, elma suyu (Ngadi ve ark., 2003; Guerrero-Beltran ve Gustavo-Canovas, 2005; Keyser ve ark., 2008; Franz ve ark., 2009; Caminiti ve ark., 2010), portakal suyu (Tran ve Farid, 2004; Keyser ve ark., 2008), üzüm, yaban mersini ve greyluft suları (Guerrero-Beltran ve ark., 2009), çilek ve mango nektarlarında (Keyser ve ark., 2008) bulunan patojen ve bozulma yapıcı mikroorganizmalar üzerine UV-C ışınlatmanın inaktivasyon etkisi ortaya konmuştur. Buna karşın, UV-C uygulamasının portakal suyunu da içeren çeşitli meyve sularının fizikokimyasal ve duyu kalite özelliklerine etkisini

bildiren sınırlı sayıda araştırma bulunmakla beraber (Donahue ve ark., 2004; Tran ve Farid, 2004; Caminiti ve ark., 2010; Falguera ve ark., 2011), özellikle nar suyu antosiyaninleri üzerine UV-C uygulamasının etkisini gösteren bir araştırma bulunmamaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, taze portakal ve nar sularının raf ömrünün arttırılmasında UV-C uygulamasının kullanılabilirliğinin araştırılması ve bu uygulamanın, söz konusu meyve sularının çeşitli kalite özellikleri (mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşal özellikler) ve depolama stabilitesi üzerine etkisinin belirlenmesidir. Bu amaçla, çalışma kapsamında:

1. Taze portakal ve nar sularında mikrobiyal yükün (aerobik canlı sayısı, maya-küf sayısı ve *Echerichia coli* ATTC 25922) azaltılmasına ilişkin mevcut UV reaktörün etkinliğinin belirlenmesi,
2. UV-C ışınlarının nar suyunun başlıca kalite kriteri olan rengi (özellikle antosiyaninlerin dağılımı ve miktarları) üzerine etkisinin ayrıntılarıyla ortaya konulması ve nar suyunun antioksidan aktivitesi, organik asitleri ile toplam fenol içeriğindeki muhtemel değişimlerin incelenmesi,
3. Benzer şekilde, portakal suyunun C vitamini, antioksidan aktivitesi, organik asitleri ve toplam fenol içeriği üzerine UV-C'nin etkisinin araştırılması,
4. Duyusal analizler ile UV-C uygulanmış meyve sularının tüketiciler tarafından beğeni durumunun belirlenmesi ve UV-C uygulanmış meyve sularının kontrol grubu ve ısıtılmış üre göre farklılıkların ortaya konması,
5. 4, 10 ve 20°C sıcaklıklarda depolama boyunca meyve sularının başlıca mikrobiyal ve kimyasal kalite özelliklerinde meydana gelen değişimlerin (antosiyaninlerin ve askorbik asitin parçalanması) izlenmesi ve kimyasal kalite değişimlerine ilişkin en uygun kinetik model ve parametrelerin (reaksiyon hızı, yarılanma ömrü ve aktivasyon enerjisi) belirlenmesi planlanmıştır.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

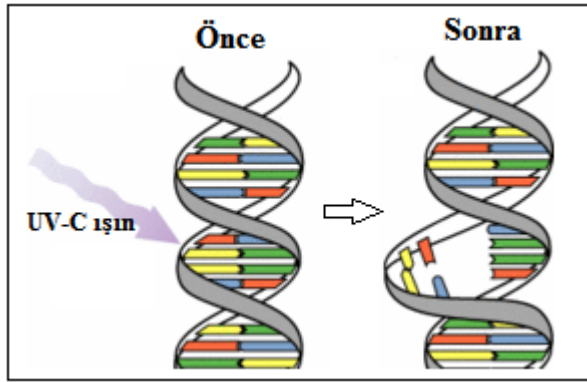
2.1. Ultraviyole Işınlama Teknolojisi

Ultraviyole uygulaması, zararlı mikroorganizmaları inaktive etmek amacıyla uygulanan bir dezenfeksiyon metodudur (Tran ve Farid, 2004). Ultraviyole ışınlarının hava, su ve yüzey dezenfeksiyonu amacıyla yaygın olarak kullanılmasına rağmen, sıvı gıdalara uygulanmasındaki kullanımı hala sınırlıdır. Su ile karşılaştırıldığında, sıvı gıdaların çeşitli optik ve fiziksel özellikleri ile farklı kimyasal kompozisyonları, ultraviyole ışının geçirgenliğini, doz aktarımını ve sonuç olarak mikrobiyal inaktivasyonu etkilemektedir. Bununla birlikte, fiziksel bir muhafaza metodu olarak ultraviyole ışınlama üzerine yapılan araştırmalar, bu teknolojinin çeşitli sıvı gıdaların ve ingredientlerin (meyve suları, içecekler, süt, sıvı yumurta, şeker şurupları vs.) pastörizasyonu için geçerli bir alternatif olarak oldukça ümit verici olduğunu göstermektedir (Koutchma, 2009). Nitekim, US Department of Agriculture (USDA) ve Food and Drug Administration (FDA) tarafından ultraviyole ışınları uygulamanın güvenilir olduğu bildirilmektedir. USDA National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods (NACMCF) tarafından taze meyve suyu ürünlerinin pastörizasyonunda, ultraviyole ışınlamayı da içeren ısı olmayan teknolojilerin performans kriteri olarak “insan sağlığı açısından önem taşıyan patojen mikroorganizma(lar)’ın sayısında 5 log azalmanın sağlanması” öngörülmüştür (Adhikari ve ark., 2005; NACMCF, 2006; Koutchma, 2008). Meyve sularının pastörizasyonu amacıyla, farklı tipteki UV reaktörleri halen değerlendirme aşamasındadır (Koutchma, 2008).

2.2. Ultraviyole Işınları ve Etki Mekanizması

Ultraviyole (UV) ışınları, elektromanyetik spektrumun 100-400 nm aralığında yer alan küçük bir kısmını kapsamaktadır. UV ışınları, insan vücudunun bronzlaşmasından sorumlu “UV-A (320-400 nm)”, cilt yanıkları ve cilt kanserine neden olan “UV-B (280-320 nm)”, germisidal etkili “UV-C (200-280 nm)” ve tüm maddeler tarafından absorbe edilebildiğinden sadece vakum altında yayılabilen “Vakum UV (100-200 nm)” olmak üzere 4 alt sınıfa ayrılmaktadır (Guerrero-Beltrán ve Barbosa-Cánovas, 2004; Keyser ve ark., 2008; Koutchma, 2009). UV-C ışınları bakteri, virüs, protozoa, maya, küf ve alg gibi

mikroorganizmalara karşı öldürücü etkiye sahiptir (Tran ve Farid, 2004; Keyser ve ark., 2008; Begum ve ark., 2009; Caminiti ve ark., 2010). UV-C ışınları büyük oranda bu mikroorganizmaların DNA'sı tarafından absorbe edilmekte ve bunun sonucunda Şekil 2.1'de görüldüğü gibi aynı DNA zinciri üzerinde komşu primidin bazlarının (timin ve sitozin) birbirine bağlanmasından dolayı DNA transkripsiyonu ve translasyonu engellenmektedir (Sizer ve Balasubramaniam, 1999; Guerrero-Beltrán ve Barbosa-Cánovas, 2004; Franz ve ark., 2009; Koutchma, 2009). En yüksek öldürücü etki 250-270 nm arasında gözlenmekte olup, yüzey dezenfeksiyonu, su (Pereira ve ark., 2007; Koutchma, 2009), meyve suyu (Guerrero-Beltrán ve Barbosa-Cánovas, 2005; Keyser ve ark., 2008), süt (Matak, 2004; Engin 2009), sıvı yumurta (Geveke, 2008; Ünlütürk ve ark., 2008) ve şeker çözeltisi (Fan ve Geveke, 2007) gibi çeşitli akışkan gıda ürünlerinin dezenfeksiyonunda 254 nm dalga boyundaki UV ışınları kullanılmıştır.



Şekil 2.1. UV-C ışınlarının DNA üzerine etkisi (Herring, 2010).

2.3. Meyve Sularına Ultraviyole Işınları Uygulanmasında Kullanılan Reaktörler ve Mikrobiyal İnaktivasyon Etkinlikleri

Bir UV reaktörün dizayn edilmesinde ve performansının optimizasyonunda, meyve suları gibi sıvı gıda ürünlerinin fiziksel, kimyasal ve optik özellikleri büyük önem taşımaktadır. Fiziksel özelliklerden viskozite ve yoğunluk, sistemde sıvının transferi ve akış modelinin etkinliğini belirlemektedir. Optik özellikler ise, UV-C ışınlarının geçirgenliğini ve bunun sonucu olarak da sıvı gıdalardaki mikrobiyal inaktivasyonu etkileyen başlıca faktörlerdir. Diğer yandan, kimyasal kompozisyon, toplam çözünür madde (briks) ve su aktivitesi gibi özellikler de UV-C ışınlarının inaktivasyon etkinliğini

değiştirebilmektedir (Koutchma, 2009). UV-C ışınlarının sıvı içine girişim (penetrasyon) etkisi, sıvının UV-C absorptivitesi, briks ve süspans madde içeriğine bağlıdır. Sıvının yüksek briks derecesine sahip olması, UV-C ışınının sıvı içine girişim yoğunluğunu düşürmektedir. Sıvı içinde bulunan büyük süspans parçacıklar da, UV-C ışınının mikrobiyal yük üzerine etkisini engellemektedirler (Guerrero-Beltrán ve Barbosa-Cánovas, 2005; Keyser ve ark., 2008). Bunun yanısıra, taze meyve suları ve içecekler gibi sıvı gıdalarda bulunan renk bileşenleri, organik bileşenler ve süspans maddeler de, bu ürünlerin suya göre UV-C ışınlarını daha az geçirmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla bu düşük geçirgenlik, UV-C ışınları pastörizasyonun etkinliğini azaltmaktadır (Koutchma, 2008). Nitekim, Murakami ve ark. (2006), bulanık elma suyunun süspans madde içeriği ve absorbans katsayısı arttıkça *Escherichia coli* K12'nin UV-C ışınları ile inaktivasyon etkinliğinin azaldığını belirlemiştir.

Doğru bir UV reaktör dizaynı, bazı sıvı gıda ürünlerinin sahip olduğu yüksek UV-C absorbansının ve viskozitenin olumsuz etkilerini azaltabilmekte ve buna bağlı olarak da inaktivasyon etkinliğini arttırılabilmektedir. Ayrıca, UV reaktör içindeki akış modeline bağlı olarak, ışınlanan alandaki bazı bölgelerde mikroorganizmaların pozisyonu ve kalış süreleri önemli düzeyde değişebilmektedir. Bu nedenle, akış modeli toplam uygulanan UV-C dozu üzerine son derece etkili olmaktadır (Koutchma, 2009). Çizelge 2.1'de çeşitli meyve sularına UV-C uygulanmasında kullanılan, farklı akış özelliklerine sahip UV reaktörlerin inaktivasyon etkinliklerine ilişkin araştırma sonuçları görülmektedir.

Taze meyve sularının pastörizasyonunda kullanılmak üzere, halen farklı UV reaktör dizaynları üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaçla yapılan ilk dizayn, ince film UV reaktördür. İnce film reaktörler, bir parabolik hız profili gösteren laminar akış ile karakterize edilmektedirler. Sıvının en yüksek hızı merkezde gözlenmektedir (Koutchma, 2009). Şekil 2.2 ve 2.3'de iki farklı laminar akış dizaynı görülmektedir. Şekil 2.2'de görülen reaktör UltraDynamics model TF-1535 (Severn Trent Services Inc., Colmar, PA) UV sistemi olup, düşük basınçlı germisidal bir UV-C lamba, koruyucu kuartz cam (iç silindir) ve paslanmaz çelik bir dış silindir içermektedir. Sistemde iki silindir iç içe geçmiş bir şekilde olup, iki silindir arasında oluşan aralık 0.515 cm'dir. Sistem çalışırken bu aralık hava kabarcığı içermeyecek şekilde sıvı ürün ile dolmakta ve bir pompa yardımıyla sirkülasyon sağlanmaktadır (Forney ve ark., 2008). Şekil 2.3'de görülen reaktörde ise, yine

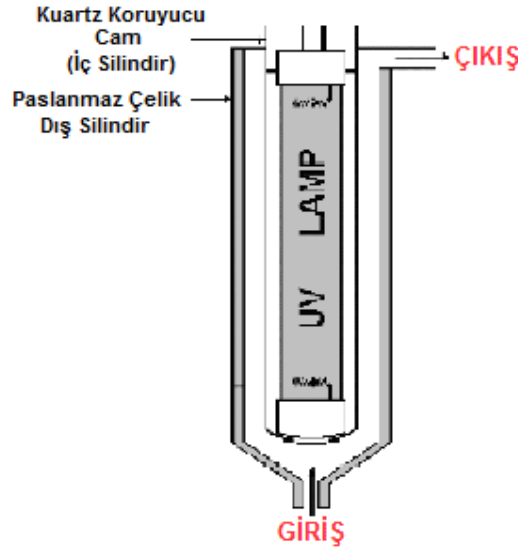
iç içe geçmiş 2 silindir bulunmakta ve iç silindir kendi ekseninde dönmektedir. Düşük dönme hızlarında, “Taylor-Couette akış” olarak bilinen laminar hidrodinamik bir konfigürasyon oluşmaktadır. Bu konfigürasyon, dairesel akış aralığında radyal yönde karışımı sağlayan girdaplar sistemi içermektedir (Forney ve ark., 2004).

Çizelge 2.1. UV reaktörlerin taze meyve suları üzerine inaktivasyon etkinlikleri

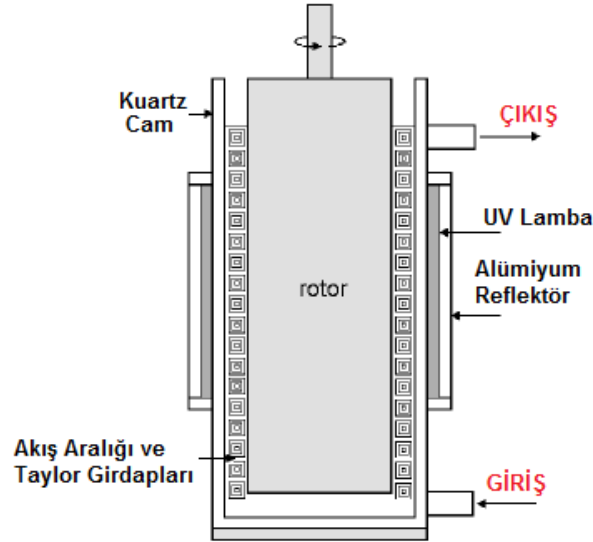
UV Reaktörün Akış Tipi	Meyve Suyu Çeşidi	Test edilen mikroorganizma	Uygulanan UV-C doz, mJ/cm ²	Log azalma	Kaynak
Laminar akış	Portakal suyu	APC_(Aerobik plate count) Maya-küf	120	3 2	Tran ve Farid (2004)
	Elma suyu	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>E. coli</i> <i>Listeria innocua</i>	690	1.34 5.10 4.29	Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas (2005)
	Elma suyu	<i>E. coli</i> K12	14.5	3-4	Koutchma ve ark. (2004)
	Elma suyu	<i>E. coli</i> (ATCC 25922)	35.11	5	Donahue ve ark. (2004)
	Mango nektarı	APC <i>S. cerevisiae</i>	825	2.94 2.71	Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas (2006)
Türbülent akış	Elma suyu	<i>E. coli</i>	230 J/L	5.1	Keyser ve ark. (2008)
	Guava ve ananas suyu	APC Maya-küf	1377 J/L 918 J/L	3.31 4.48	
	Portakal suyu	APC Maya-küf	459 J/L	<1 <1	
	Mango nektarı	APC Maya-Küf	1377 J/L	1.4 2.8	
	Bulanık elma suyu	<i>E. coli</i> K12	0.75	<1	Koutchma ve ark. (2004)
	Beyaz Üzüm suyu	<i>Brettanomyces bruxellensis</i> <i>S. cerevisiae</i>	1377 J/L	1.83 5.38	Fredericks ve ark. (2010)
	Kırmızı Üzüm suyu	<i>Brettanomyces bruxellensis</i> <i>S. cerevisiae</i>	1377 J/L	0.84 3.14	Fredericks ve ark. (2010)
Dean akış	Model karamel çözeltileri	<i>E. coli</i> K12	21.5	6'a kadar	Koutchma ve ark. (2007)
	Bulanık elma suyu	<i>E. coli</i> <i>Lactobacillus brevis</i> <i>S. cerevisiae</i>	60 W/m ²	4-5 4 4	Franz ve ark. (2009)

Kaynak: Koutchma, 2009'dan modifiye edilmiştir.

Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas (2005), laminar akışlı bir UV reaktörde, 690 mJ/cm² doz uygulaması ile elma suyunda *Saccharomyces cerevisiae*, *Echerichia coli* ve *Listeria innocua* sayılarında sırasıyla 1.34, 4.29 ve 5.10 log azalma sağlamışlardır (Çizelge 2.1). Yine, Tran ve Farid (2004) tarafından portakal suyuna, tek bir UV-C lambalı ince film reaktör kullanılarak 120 mJ/cm² düzeyinde UV-C dozu uygulanmış ve aerobik bakteri sayısında 3 log, maya-küf sayısında ise 2 log azalma sağlanmıştır.

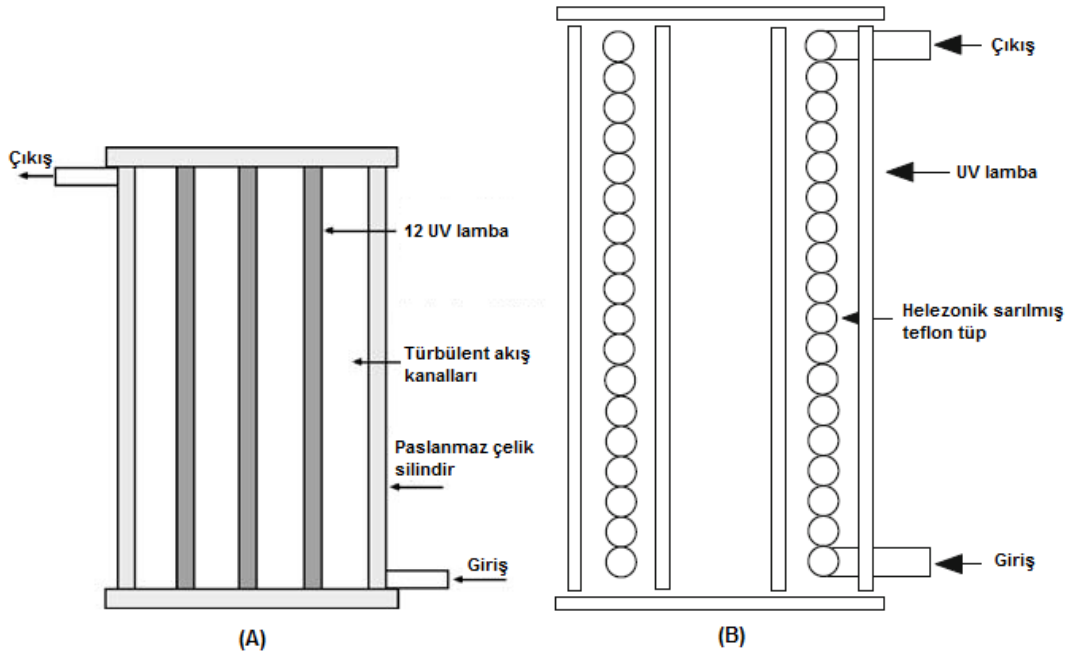


Şekil 2.2. İnce film dairesel reaktörün şematik gösterimi (Forney ve ark., 2008).



Şekil 2.3. Laminar Taylor–Couette UV reaktörün şematik gösterimi (Koutchma, 2008).

UV reaktörlerde ikinci dizayn yaklaşımı, uygulama sırasında reaktör içindeki türbülansı arttırmaktadır. Türbülent koşullar altında, yüksek akış hızı ile homojen bir akış ve buna bağlı olarak daha iyi bir karışım sağlandığı için ürünün her hacmi UV-C ışınına maruz kalmaktadır (Şekil 2.4-A) (Koutchma, 2009). Keyser ve ark. (2008), çeşitli meyve sularının (portakal suyu, elma suyu, guava ve ananas suyu, mango nektarı ve tropikal meyve suyu) mikroorganizma yüklerinin azaltılması amacıyla 10 lambalı türbülent akışlı bir UV sistemi kullanmışlar ve UV-C ışınlarının, incelenen meyve suyu ve nektarlarında mikrobiyal yükü azaltmada etkili olduğunu (Çizelge 2.1), ancak her meyve suyu için optimizasyonun gerekli olduğunu bildirmişlerdir. Fredericks ve ark. (2010), yaklaşık 10^6 düzeyinde *Brettanomyces bruxellensis* ISA 1649 ve *Saccharomyces cerevisiae* VIN13 inoküle edilmiş Shiraz çeşidi kırmızı ve Chenin blanc çeşidi beyaz üzüm sularına SurePure firması (South Africa) tarafından geliştirilen yeni bir pilot ölçekli UV reaktör kullanılarak 1377 J/L şiddetinde UV-C dozu uygulamışlardır. *B. bruxellensis* ISA 1649 ve *S. cerevisiae* VIN13 düzeylerinde sırasıyla beyaz üzüm suyunda 1.83 log ve 5.38 log ile kırmızı üzüm suyunda 0.84 log ve 3.14 log azalma tespit edilmiştir (Çizelge 2.1).



Şekil 2.4. Türbülent akışlı (A) ve Dean akışlı (B) reaktörün şematik gösterimi (Koutchma, 2008).

Diğer bir yaklaşımda ise, UV reaktörü UV-C lambalarla birlikte helezonik teflon tüp ve tüpün içinde ve dışında reflektör (yansıtıcı) içermektedir (Şekil 2.4-B). Böylece tekdüze bir ışınlama sağlanmaktadır. Bu sistemde kullanılan helezonik teflon tüp, ilave bir türbülansı teşvik etmekte ve “Dean etkisi” olarak da bilinen ikincil bir girdaplı akışa neden olmaktadır. Bunun sonucunda da, daha tekdüze bir hız ve kalma süresi dağılımı (residence time distribution) sağlanmaktadır (Koutchma, 2009). Koutchma ve ark. (2007), 24 lambalı bir UV reaktörü kullanarak karamel model çözeltisine inoküle edilmiş *Escherichia coli* K12 hücreleri üzerine UV-C ışınlarının etkisini incelemiştir. Söz konusu sistemde, absorpsiyon katsayısı 15 cm^{-1} 'den daha az olan Newton tipi sıvılar için, 5 gpm akış hızında, tek bir geçişle USDA NACMCF tarafından öngörülen 5 log'luk azalma sağlanmış, ancak daha yüksek absorptivite değerlerine sahip portakal ve elma suyu gibi meyve sularında bu standardı karşılamak için çoklu geçiş yapılması gerektiği saptanmıştır.

Reaktörlerde UV ışın kaynakları olarak genellikle düşük basınçlı civalı lambalar (LPM-low pressure mercury) kullanılmakla birlikte, bu amaçla orta basınçlı civalı lambalar (MPM-medium pressure mercury), vurgulu ışık (PL- pulsed light) ve excimer lazer (EL) teknolojileri gibi pek çok alternatif UV ışın kaynakları da geliştirilmiştir (Koutchma, 2009). LPM lambalar 254 nm'de sürekli monokromatik ışın gönderecek şekilde dizayn edilmişlerdir. MPM lambalar ise, 200-300 nm arasında germisidal etkili polikromatik ışın yaymaktadırlar. Diğer yandan, PL teknolojisi saniyenin milyonda veya binde biri kadar çok kısa sürelerde flaşlar yayan Xenon lambalar kullanılmaktadır. Bu lambalar 200-1100 nm arasında geniş bir ışın spektrumuna sahip olup, bu spektrumun UV-C kısmı mikrobiyal inaktivasyonun sağlanmasında çok önemlidir. Excimer lazer teknolojisi ise, 248 nm'de atımlı ışık yaymaktadır (Gomez-Lopez ve ark., 2007). Düşük ve orta basınçlı civalı lambalar yaklaşık 50 yıldır suyun dezenfeksiyonu amacıyla başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. FDA, meyve sularının işlenmesinde 254 nm'de düşük basınçlı civalı (LPM) lambaların, gıdaların işlenmesinde ise PL ışınının kullanımını onaylamıştır (Koutchma, 2008; Koutchma, 2009).

2.4. Ultraviyole Uygulamasının Meyve Sularının Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri

Meyve suyu işlemede UV uygulaması, meyve sularının raf ömrünün uzatılması ve gıda kaynaklı hastalıkların önüne geçilmesi amacıyla yapılmaktadır. Diğer yandan, UV ışınları ile meyve sularında bulunan organik bileşikler fotokimyasal reaksiyonlar sonucu parçalanabilirler. Gıda sistemlerinde, fotokimyasal reaksiyonlar iki yolla başlayabilir. Bu reaksiyonlardan ilki, doğrudan fotodegradasyona dayanmaktadır. Burada, UV uygulaması sırasında, radyasyon enerjisinin yani fotonların organik maddeler tarafından absorplanması kimyasal reaksiyonları tetikleyebilmektedir. Bunun sonucu olarak da, kimyasal bağların kırılması veya yeni bağların oluşması muhtemeldir. Bu kimyasal reaksiyonların devamlılığı ise absorbe edilen foton oranına bağlıdır. 253.7 nm'deki UV ışın 112.8 kcal/Einstein (1 Einstein 1 mol fotonu temsil eder)'lık bir radyant enerjiye sahiptir. Teorik olarak 253.7 nm'deki UV ışın absorbe edildiğinde de, O-H, C-C, C-H, C-N, H-N ve S-S bağların etkilenmesi olasıdır (Pereira ve ark., 2007; Koutchma, 2009; Koutchma ve ark., 2009). Diğer fotokimyasal reaksiyon ise fotoduyarlılık olarak adlandırılmakta olup, UV ışınları nedeniyle sistemdeki bir bileşenin etkisiyle diğer bazı bileşenlerin de reaksiyona girmesine neden olmaktadır. En yaygın fotoduyarlılık reaksiyonu, fotooksidasyondur. Fotooksidasyon sonucu hidrojen peroksit veya superoksit anyonları oluşabilmekte ve bu bileşikler, çok çeşitli moleküllerle reaksiyona girerek ileri düzeyde parçalanmalara neden olabilmektedirler (Koutchma ve ark., 2009).

Gıdalarda bulunan bileşenlerden vitaminler (A, C, karotenler, B₁₂, E), doymamış yağ asitleri, katı yağlar ve fosfolipitler “ışığa duyarlı” bileşenler olarak nitelendirilmektedir (Koutchma, 2009). Nitekim Walkling-Ribeiro ve ark. (2008), elma suyunda UV-C uygulaması (20°C'de 30 dak.) sonucunda, elma suyunun pH ve briks değerlerinin çok az düzeyde etkilendiğini, buna karşın askorbik asit içeriğinin %25.9 oranında azalarak 5.4 mg/100 mL'den 4.0 mg/100 mL'ye düştüğünü saptamışlardır. Tran ve Farid (2004) tarafından yapılan bir çalışmada ise, UV-C uygulamasının (73.8 mJ/cm²) taze sıkılmış portakal suyunun raf ömrünü 5 gün uzattığı, ancak uygulanan UV-C dozu arttırıldığında (1008 mJ/cm²) askorbik asitin parçalanma düzeyi (%17) bakımından UV-C ile ısı işlem arasında bir fark olmadığı saptanmıştır. UV-C uygulaması ile portakal suyunun pH değerinde de önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Diğer yandan, UV-C uygulamasının,

ısıtma işlem uygulamasının aksine pektin metil esteraz (PME) enzimini inaktive etmede başarılı olmadığı belirlenmiştir.

Falguera ve ark. (2011), Golden, Starking, Fuji ve King David çeşidi elmalardan elde edilen taze elma sularının, 120 dakika süreyle UV-C uygulaması sonunda pH, briks, formol indeksi, toplam fenol ve şeker içeriklerinde önemli bir değişim olmadığını belirlemişlerdir. Golden, Starking, Fuji çeşidi elma sularının, askorbik asit içeriklerinde çok az düzeyde azalma olurken (%4-5.6), King David çeşidi elma suyunda ise %70 düzeyinde askorbik asit kaybı gerçekleşmiştir. Benzer şekilde, Caminiti ve ark. (2010) tarafından elma suyunda yapılan diğer bir çalışmada ise, elma sularının pH, briks ve toplam fenol içeriğinin 2.66-53.10 J/cm² dozunda UV-C uygulaması sonucunda değişiklik göstermediği saptanmıştır. Ancak, elma suyunun enzimatik olmayan esmerleşme indeksi (P<0.01) ve antioksidan aktivite düzeyinde (P<0.05) azalmaların olduğu bildirilmiştir.

Caminiti ve ark. (2011), elma ve yaban mersini içeren karışık meyve sularına UV-C (5.3 J/cm²), HILP (high intensity light pulses, 3.3 J/cm²), vurgulu elektrik alan (PEF, 34kV/cm, 18 Hz, 93µs) ve manotermosonikasyon (MTS, 5bar, 43°C, 750W, 20kHz) gibi farklı tekniklerin kombinasyonlarını uygulamışlar ve bu uygulamaların meyve suyunun bazı fiziko kimyasal özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, UV-C+PEF ve HILP+PEF uygulamalarının meyve suyunun enzimatik olmayan esmerleşme indeksi, toplam fenol içeriği, antioksidan aktivitesi ile tat ve aromasını etkilemediği, ancak MTS içeren kombinasyonların meyve suyunun kalitesini olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir.

Noci ve ark. (2008), elma suyunda ısıtma işlemine alternatif olarak UV-C, vurgulu elektrik alan (PEF) ve UV-C+PEF kombinasyonunu uygulamışlar ve bu uygulamaların taze elma suyunun bazı kalite özellikleri (renk, pH, briks, enzimatik olmayan esmerleşme indeksi) ile antioksidan kapasite ve polifenol oksidaz (PPO) ile peroksidaz (POD) aktiviteleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Isıtma işlemle kıyaslandığında, elma sularının toplam fenol içeriğinin UV-C ve PEF uygulamalarından daha az etkilendiği, buna karşın PPO ve POD aktivitesinin UV-C uygulamasından etkilenmediği saptanmıştır. Diğer yandan, Falguera ve ark. (2011) Golden, Starking, Fuji ve King David çeşidi elma sularında PPO enziminin, 100 dak. UV-C uygulamasıyla inaktive olduğunu, POD enziminin ise sadece 15 dak. UV-C uygulaması sonunda tamamen inaktivasyonunun sağlandığını bildirmişlerdir. Yine aynı araştırmacılar, Starking çeşidi elma suyunda çok

düşük olan PME aktivitesinin de, 40 dak. UV-C uygulamasıyla tamamen kaybolduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte, Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas (2006), UV-C uygulamasının mango nektarının (pH 3.8, 13.0°Briks) PPO aktivitesi üzerine etkisini araştırdıkları bir çalışmada ise, en yüksek PPO redüksiyonunun en kısa UV-C uygulama süresinden sonra (5 dak.) gözlendiğini belirtmişlerdir. 0.45 L/dak. akışta 30 dak. UV-C uygulamasından sonra kalan PPO aktivitesi yaklaşık %19 olarak saptanmıştır. Araştırmacılar, UV-C ışınının organik moleküller tarafından absorbe edilme ihtimalinin olduğunu ve bu absorbe edilen enerjinin PPO gibi enzimlerin fotoinaktivasyonunu tetiklemiş olabileceğini bildirmişlerdir. Nitekim, ultraviyole enerjisi konjuge çift bağlar tarafından absorbe edilmekte ve daha sonra O₂ ile reaksiyona girerek tek bağları oluşturmaktadır. Sonuç olarak, ultraviyole ışınları konjuge çift bağ içeren molekülleri değiştirebilmekte veya kimyasal değişikliklere neden olabilmektedir (Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas, 2006).

Meyve suları içerdikleri doğal pigmentlerden dolayı kendine özgü renklere sahiptirler. Çalışmalarda meyve suyu renginin UV-C ışınlarından az etkilendiği veya önemli bir değişikliğin gözlenmediği bildirilmiştir (Walkling-Ribeiro ve ark., 2008; Tran ve Farid, 2004; Keyser ve ark., 2008; Noci ve ark., 2008). Diğer yandan, Guerrero-Beltran ve ark. (2009) üzüm, yaban mersini ve greyfurt sularında UV-C uygulamasının renk değişimi üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, UV-C ışın uygulama süresi uzadıkça her üç meyve suyunda da toplam renk farkının (ΔE) arttığını saptamışlardır. Benzer şekilde, Caminiti ve ark. (2010), elma suyunun toplam renk farkının (ΔE), UV-C uygulamasıyla artış gösterdiğini ve yüksek UV-C dozunda (26.55 J/cm² ve üstünde) fark edilir düzeye ulaştığını (1.5< ΔE <3.0) bildirmişlerdir. Falguera ve ark. (2011) ise, King David çeşidi elma suyunun renginin 120 dak. UV-C uygulaması sonunda değişmediğini buna karşın Golden, Starking ve Fuji çeşidi elma sularının L* (brightness) değerlerinde uygulama zamanına bağlı olarak bir artış gözlendiğini belirlemişlerdir.

BÖLÜM 3**MATERYAL VE YÖNTEM****3.1 Materyal**

Araştırmada materyal olarak Antalya, Finike’ den temin edilen yoğun renkli, asidi yüksek bir çeşit olan “Hicaz” çeşidi nar ve Tesco Kipa AŞ.’den temin edilen Köyceğiz menşeli “Washington” çeşidi sıkmalık portakal kullanılmıştır.

3.2 Yöntem**3.2.1. Meyve Suyu Üretimi**

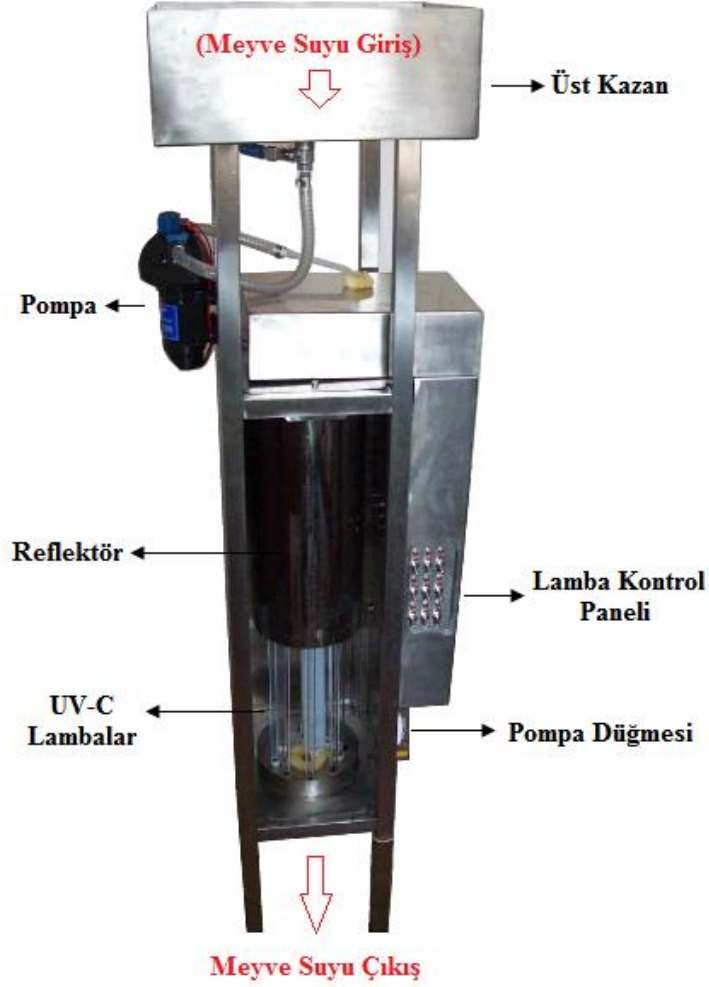
Bölüm laboratuvarına getirilen narlar, danelerine ayrıldıktan sonra katı meyve presi (Tefal, Fransa) kullanılarak nar suyuna işlenmiştir. Elde edilen ham nar suyunun durultulması amacıyla sadece jelatin kullanılmıştır. Bu amaçla nar suyu, gerekli jelatin çözeltisi (5 mL/L, %5’lik jelatin çözeltisi) eklendikten sonra +5°C’de 10-12 saat bekletilmiş ve ardından kaba filtre kağıdı kullanılarak filtre edilmiştir (Özkan ve ark., 2002). Filtrasyon işleminden sonra durultulmuş nar suyu, analiz edilinceye kadar -18°C’de muhafaza edilmiştir. Sıkmalık çeşit portakallar ise, meyve sıkacağı (Tefal, Fransa) kullanılarak taze portakal suyuna işlenmiş ve elde edilen portakal suyu iki kat tülbent bezinden geçirilerek filtre edilmiştir.

Nar ve portakal sularının bir kısmı ayrılarak ısıtılma tabi tutulmuş, bir kısmına ise UV uygulamaları yapılmıştır. Herhangi bir işlem uygulanmamış örnekler ise kontrol örneği olarak analiz edilmiştir. Tüm işlemler 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

3.2.2 UV-C uygulaması

Bu amaçla, 9 lambalı bir UV reaktörü kullanılmıştır (Şekil 3.1). Bu cihaz, Gentra Ltd. Firması (İstanbul) tarafından yapılmış olup, temel olarak paslanmaz çelik bir üst kazan, üst kazandan meyve suyunun akış hızını düzenleyen 1.9 gpm akış gücünde bir pompa (Jabsco 31295 Series Water Pressure System, US) ve paslanmaz çelik bir gövde olmak üzere 3 kısımdan oluşmaktadır. Gövde içerisinde, paslanmaz çelik bir reflektör, kuartz cam tüp etrafına helezon şeklinde sarılı oluklu Teflon boru (iç çapı: 6.35 mm) ve 1’i kuartz tüpün içinde ve 8’i etrafında yerleşmiş durumda olmak üzere toplam 9 UV-C lamba (254 nm; UV-C çıkış gücü: 28 W; uzunluğu: 842,4 mm ve çapı: 16 mm; Atlantic

Ultraviolet Corporation, US.) bulunmaktadır. Paslanmaz çelik gövde üzerinde ise, lamba kontrol paneli ile pompa için açma-kapama düğmesi yer almaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 UV Reaktörü.

Meyve sularına uygulanan UV-C dozu, meyve suyu hacmi başına aktarılan enerji düzeyi temel alınarak belirlenmiş ve “J/mL” olarak ifade edilmiştir (Keyser ve ark., 2008). Mevcut UV-C reaktöründen 1 geçişte meyve suyuna uygulanan UV-C dozu, meyve sularının sistemdeki akış hızları (nar suyu için: 20.21 mL/sn; portakal suyu için: 20.94 mL/sn) ve UV-C lambanın toplam çıkış gücü (28 W/Lamba x 9 Lamba) değerleri kullanılarak Geveke (2008) ve Keyser ve ark. (2008) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik yardımıyla teorik olarak hesaplanmıştır:

Doz (J/L) = Toplam UV-C çıkış gücü (W) / Akış Hızı (mL/sn)

$$= (28 \times 9) W / (20.21) \text{ mL/sn} \quad W = J/s \text{ olduğundan;}$$

$$= 12.47 \text{ J/mL ya da } 12.47 \text{ kJ/L (Sistemden 1 geçişte nar suyuna uygulanan UV-C dozu)}$$

Aynı eşitlik yardımıyla sistemden 1 geçişte portakal suyuna uygulanan UV-C dozu ise, 12.03 J/mL ya da 12.03 kJ/L olarak hesaplanmıştır.

Kullanılan reaktörün meyve sularının mikrobiyolojik ve kimyasal kalite özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla, nar ve portakal suyu örneklerine farklı dozlarda UV-C uygulaması yapılmıştır. Bu amaçla, nar suları reaktörden ard arda 5 kez geçirilmiş ve sistemden 1, 3 ve 5 geçiş sonrasında alınan örneklerde mikrobiyolojik ve kimyasal analizler yapılmıştır. Portakal suları ise reaktörden ard arda 4 kez geçirilmiş ve sistemden 1, 2, 3 ve 4 geçiş sonrasında alınan örneklerde söz konusu analizler yapılmıştır. Duyusal analizler ise, 5 geçiş UV-C uygulanmış nar suyu örnekleri ve 4 geçiş UV-C uygulanmış portakal suyu örnekleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.3. Isıl İşlem Uygulaması

Meyve sularının muhafazası için geleneksel olarak uygulanan ısıtma işlemi alternatif olarak, uygulanacak olan UV sisteminin etkinliğinin değerlendirilmesi ve ısıtma işlemi göre meyve suyunun kalite özelliklerinin kıyaslanması amacıyla belli miktarda nar ve portakal suyu alınarak ısıtma işlemi tabii tutulmuştur. Isıtma işlemi, meyve sularının su banyosunda (GFL, Almanya) 90°C’ de 2 dakika süreyle bekletilmesiyle gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. Depolama Çalışması

5 geçiş UV-C uygulanmış nar suyu örnekleri ve 4 geçiş UV-C uygulanmış portakal suyu örnekleri ile birlikte, ısıtma işlemi görmüş ve kontrol grubu meyve suları 4, 10 ve 20°C’de farklı sürelerle depolanmıştır. Bu amaçla meyve suları, otoklavda (Hirayama, Japonya) 121°C’de 15 dak süreyle steril edilen bilye şişelerine (14 mL ve 28 mL) aseptik koşullarda doldurulmuş ve 4°C, 10°C ve 20°C’deki soğutmalı inkübatörlerde (Sanyo MIR 153, Japonya ve Aqualytic incubator, Almanya) depolanmıştır. Depolama süresince meyve sularının mikrobiyolojik stabilitesi göz önünde bulundurularak, farklı zaman aralıklarında ortalama 7 noktada örnekleme yapılmıştır.

3.2.5. Meyve Sularına Uygulanan Analiz Yöntemleri

Isıl işlem ve farklı dozlarda UV-C uygulanmış meyve suları ile kontrol örneklerine uygulanan analiz yöntemleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. İşlem görmüş örnekler analiz edilinceye kadar -18°C’de muhafaza edilmiştir. Diğer yandan, mikrobiyolojik ve duyu analizler için meyve suyu örnekleri dondurulmadan doğrudan analize alınmıştır.

Depolama süresince ise, nar sularının antosiyanin içeriği, toplam canlı sayısı ve maya küf sayısı ile portakal sularının askorbik asit içeriği, toplam canlı sayısı ve maya küf sayısı bakımından değişim düzeyleri belirlenmiştir. Depolama süresince söz konusu meyve sularında, antosiyanin ve askorbik asit değişimlerine ilişkin sonuçlar kinetik olarak (reaksiyon derecesi, reaksiyon hızı, aktivasyon enerjisi) değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.1. Meyve suyu örneklerine uygulanan analizler

Kontrol grubu ve ısıtılmış işlem görmüş örnekler	UV-C uygulanmış nar suyu örneği	UV-C uygulanmış portakal suyu örneği
<ul style="list-style-type: none">• Organik asit tayini• Askorbik asit tayini• Antosiyaninlerin dağılımı ve miktarı• Toplam monomerik antosiyanin miktarı ve antosiyaninlerin parçalanma ölçütleri• Antioksidan aktivite tayini• Toplam fenol tayini• pH• Briks• Toplam asitlik• Mikrobiyolojik analiz• Duyusal analiz	<ul style="list-style-type: none">• Organik asit tayini• Antosiyaninlerin dağılımı ve miktarı• Toplam monomerik antosiyanin miktarı ve antosiyaninlerin parçalanma ölçütleri• Antioksidan aktivite tayini• Toplam fenol tayini• pH• Briks• Toplam asitlik• Mikrobiyolojik analiz• Duyusal analiz	<ul style="list-style-type: none">• Organik asit tayini• Askorbik asit• Antioksidan aktivite tayini• Toplam fenol tayini• pH• Briks• Toplam asitlik• Mikrobiyolojik analiz• Duyusal analiz

3.2.5.1 Antosiyaninlerin Dağılımı ve Miktarı

Bu amaçla, bölüm laboratuvarımızda bulunan Yüksek Basınç Sıvı Kromatografisi (HPLC, Agilent 1200 Serisi, Waldbram, Almanya) cihazı kullanılmıştır. Örnek hazırlama aşamasında, nar suyu örnekleri 9000 rpm’de ve 4°C’de 2 dak. santrifüjlenmiş ve 10 kat

seyreltme işleminden sonra 0.45 µ'luk teflon filtreden geçirilerek HPLC cihazına enjekte edilmiştir (Miguel ve ark., 2004). HPLC çalışma koşulları aşağıda verilmiştir:

HPLC kolonu: Phenomenex Gemini C₁₈ (250mm, 4.6ID, 5µ)

Mobil faz A: %1 o-fosforik asit, %10 asetik asit, %5 asetonitril, %84 su (pH 1.5)

Mobil faz B: Asetonitril

Akış hızı: 1 mL/dak.

Enjeksiyon miktarı: 5 µL

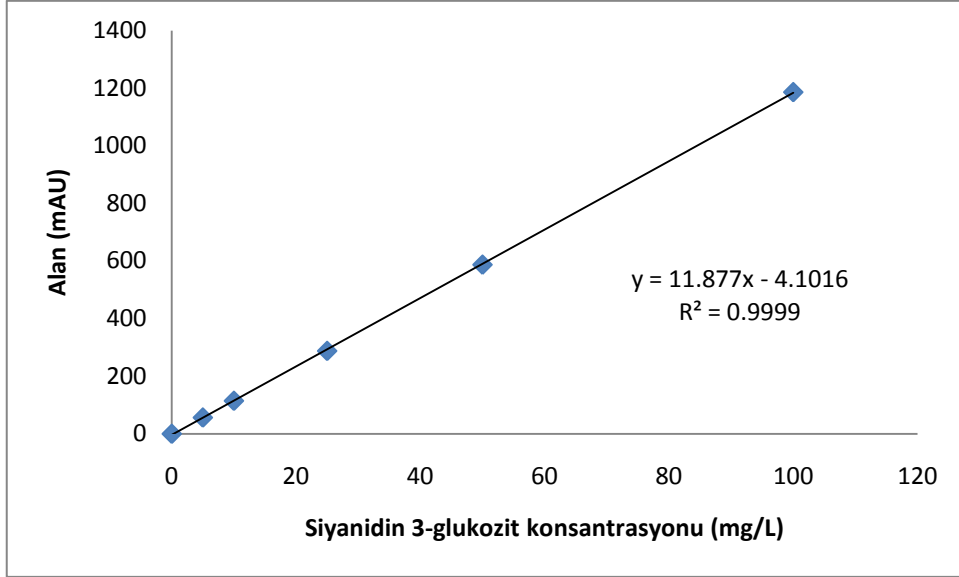
UV dedektör: 520 nm

HPLC sisteminde gradient akış kullanılmıştır. Gradient akış, Durst ve Wrolstad (2001) esas alınarak, çalışma koşullarına göre aşağıdaki şekilde modifiye edilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. HPLC sisteminde gradient akış

Süre (dak)	Mobil faz A	Mobil faz B
0	99	1
10	88	12
12	88	12
12.01	10	90
17	10	90
22	99	1

Nar suyunda mevcut antosiyanin pigmentlerinin tanımlanması amacıyla Sigma-Aldrich Inc. (Almanya)'dan temin edilen siyanidin 3-glukozit, siyanidin 3,5-diglukozit, pelargonidin 3-glukozit ve pelargonidin 3,5-diglukozit standartlarının mevcut HPLC çalışma koşullarında belirlenen alıkonma zamanları kullanılmıştır. Delfinidin 3,5-diglukozit ve delfinidin 3-glukozitin standardı bulunamadığından, bu antosiyaninlere ait olduğu düşünülen piklerin tanımlanmasında Turfan (2008)'de verilen alıkonma zamanları ve sıraları dikkate alınmıştır. Nar suyu profilinde yer alan antosiyanin pigmentlerinin miktarları, siyanidin 3-glukozit standardı ile elde edilen regresyon eşitliği (Şekil 3.2) kullanılarak "mg/L" olarak hesaplanmıştır (Lee ve ark., 2008).



Şekil 3.2. Siyanidin 3-glukozit standart eğrisi ve regresyon eşitliği.

3.2.5.2 Organik Asit Analizi

Bu amaçla, portakal ve nar suyu örnekleri 10 kat seyreltilip 0.45 µm teflon filtreden filtre edilerek HPLC cihazına doğrudan enjekte edilmiştir. HPLC çalışma koşulları aşağıda verilmiştir (Zhang ve ark., 2009):

HPLC kolonu: Phenomenex Gemini C₁₈ (250mm, 4.6ID, 5µ)

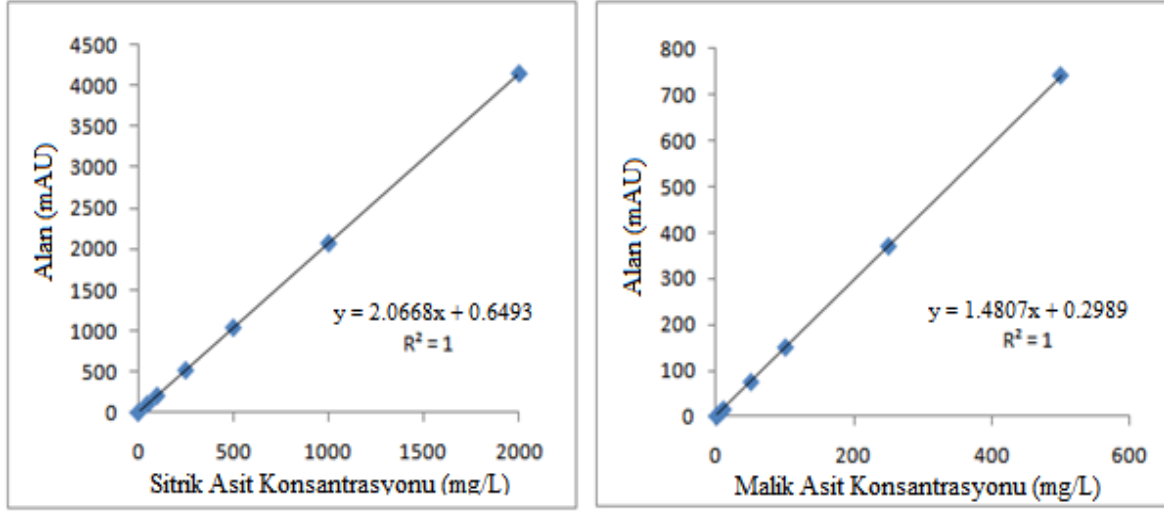
Mobil faz : %0,4 H₃PO₄ (pH 1.5), izokratik akış

Akış hızı: 0,6 mL/dak.

Enjeksiyon miktarı: 20 µL

UV dedektör: 214 nm

Portakal ve nar suyu örneklerindeki organik asitlere (sitrik asit ve malik asit) ilişkin piklerin tanımlanması, standart maddelerin alıkonma zamanlarının ve meyve suyu örneklerine standart madde ilave edilerek pik alanındaki artışın dikkate alınmasıyla yapılmıştır. Tanımlanan bu organik asitlerin konsantrasyonları ise Şekil 3.3'de verilen sitrik ve malik asit standart eğrileri kullanılarak "g /L" olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.3. Sitrik ve malik asitlerin standart eğrileri ve regresyon eşitlikleri.

3.2.5.3 Askorbik Asit Analizi

Portakal sularının askorbik asit içeriklerinin belirlenmesi amacıyla, Lee ve Coates (1999) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır (Yemiş ve Özkan, 2007). Örnek hazırlama aşamasında, 15 mL hacimdeki bir santrifüj tüpüne 5 mL portakal suyu alınarak üzerine 5 mL %2,5 *m*-fosforik asit çözeltisi eklenmiş ve ardından +4°C’de ve 7800 rpm hızda 10 dak. süreyle santrifüjlenmiştir. Santrifüj sonrası berrak kısımdan 0,5 mL alınarak %2,5 *m*-fosforik asit çözeltisi ile 10 mL’ye seyreltilmiş ve 0.45 µm teflon filtreden geçirilerek HPLC cihazına enjekte edilmiştir. HPLC çalışma koşulları aşağıda verilmiştir:

HPLC kolonu: Restek Allure C₁₈ (300mm, 4.6 ID, 5µ)

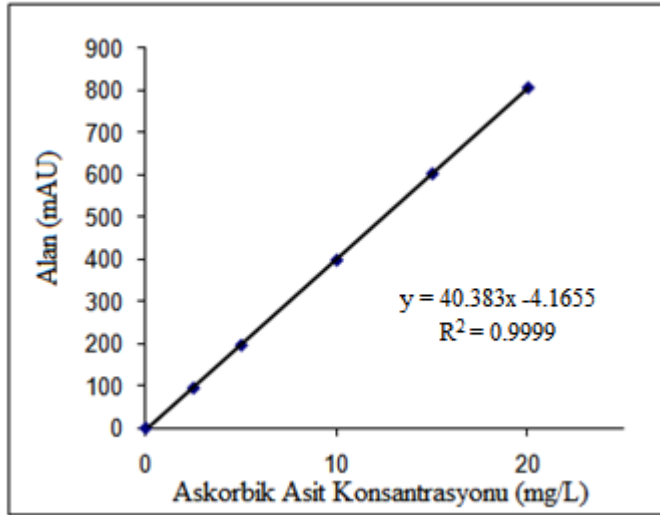
Mobil faz : %2 KH₂PO₄ (pH 2.5), izokratik akış

Akış hızı: 0,8 mL/dak.

Enjeksiyon miktarı: 10 µL

UV dedektör: 244 nm

Portakal suyu örneklerine ilişkin kromatogramlarda görülen askorbik asit pikleri, standart maddeye ait pikin alıkonma zamanı dikkate alınarak kalitatif olarak belirlenmiştir. Portakal sularında bulunan askorbik asit konsantrasyonu ise askorbik asit standart eğrisi (Şekil 3.4) yardımı ile “mg askorbik asit/L portakal suyu” olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.4. Askorbik asit standart eğrisi ve regresyon eşitliği.

3.2.5.4 Toplam Monomerik Antosiyanin Tayini

Bu amaçla, Fuleki ve Francis (1968) tarafından önerilen, ve Giusti ve Wrolstad (2001) tarafından geliştirilen pH diferansiyel yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin ilkesi, monomerik antosiyaninlerin pH 1.0' de renkli oksonium formunun, pH 4.5' de ise, renksiz hemiketal formunun egemen olmasına dayanmaktadır. Buna göre, ortam pH 1.0 ve 4.5 olduğu zaman ölçülen absorbans değerlerinin farkı, doğrudan antosiyanin konsantrasyonu ile orantılı bulunmaktadır. Monomerik antosiyanin miktarı, nar suyunda baskın bulunan siyanidin 3-glukozit cinsinden (Gil ve ark., 2000; Marti ve ark., 2001) aşağıda verilen 3.1 No' lu eşitliğe göre hesaplanmıştır:

$$\text{Monomerik antosiyanin miktarı (mg/L)} = \frac{(A) (MW) (SF) 1000}{(\epsilon) (L)} \quad (3.1)$$

Burada:

A :Absorbans farkı (pH 1.0 ve 4.5 değerlerinde ölçülen absorbans farkı)

MW : Baz olarak alınacak antosiyaninin molekül ağırlığı

SF : Seyreltme faktörü

ϵ : Molar absorpsiyon katsayısı

L :Absorbans ölçüm küvetinin tabaka kalınlığı (cm)

Siyanidin 3-glukozitin molar absorbans değeri 29 600 ve molekül ağırlığı ise, 445.2 alınarak hesaplama yapılmıştır (Giusti ve Wrolstad, 2001).

3.2.5.5 Antosiyanin Parçalanma Ölçütleri Tayini

Giusti ve Wrolstad (2001) tarafından önerilen yöntem uygulanmıştır. Bu amaçla, meyve suyu örnekleri potasyum klorür çözeltisi (pH 1.0) ile seyreltilerek, nar suyunda bulunan antosiyaninlerin maksimum absorbans verdiği dalga boyundaki ($\lambda_{vis-maks}$) absorbans değeri spektrofotometrenin linear sınırı olan 1.2' nin altına getirilmiştir. Daha sonra bisülfid (%20 $K_2S_2O_5$) çözeltisi eklenerek, örnekteki monomerik antosiyaninlerin renksiz "sulfonik asit kompleksi" oluşturması sağlanmıştır. Bisülfid uygulanmaksızın $\lambda_{vis-maks}$ dalga boyunda ve bisülfid uygulandıktan sonra 420 nm dalga boyunda yapılan iki absorbans ölçümü ile; aşağıda ayrıntıları verilen "renk yoğunluğu," "polimerik renk" ve "polimerik renk yüzdesi" gibi üç nitelik belirlenmiştir.

Renk Yoğunluğu

Bu değer, "bisülfid uygulanmamış küvette bulunan örneğin, $\lambda_{vis-maks}$ ve 420 nm dalga boylarındaki absorbansları toplamı" olarak tanımlanmakta olup, aşağıda verilen 3.2 No' lu eşitliğe göre hesaplanmıştır:

$$\text{Renk yoğunluğu} = [(A_{\lambda_{vis-maks}} - A_{700 \text{ nm}}) + (A_{420 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})] \times SF \quad (3.2)$$

SF : Seyreltme faktörü

Polimerik renk

Bu değer, "bisülfid uygulanmış küvette bulunan örneğin, $\lambda_{vis-maks}$ ve 420 nm dalga boylarındaki absorbansları toplamı" olarak tanımlanmakta olup, aşağıda verilen 3.3 No' lu eşitliğe göre hesaplanmıştır:

$$\text{Polimerik renk} = [(A_{\lambda_{vis-maks}} - A_{700 \text{ nm}}) + (A_{420 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})] \times SF \quad (3.3)$$

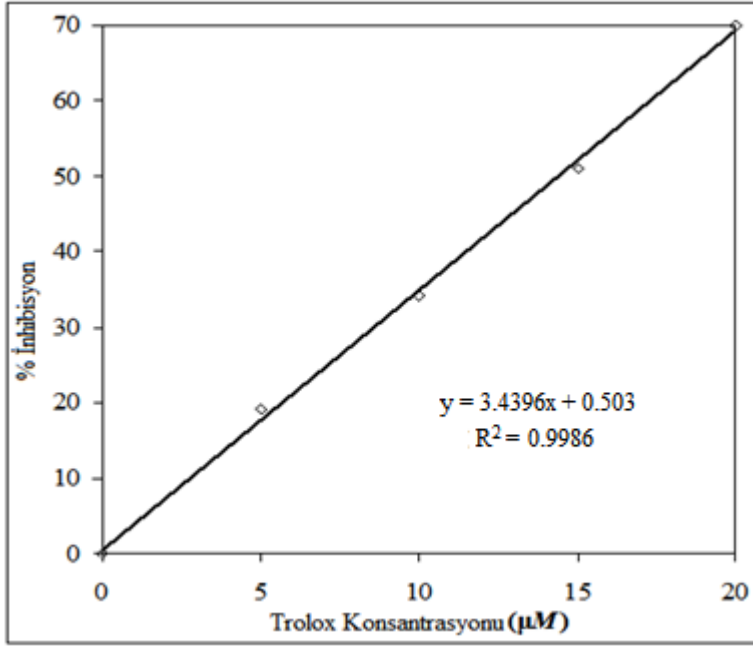
Polimerik renk oranı

Polimerik renk oranı; “polimerik rengin, renk yoğunluğuna oranı” olarak tanımlanmakta olup, aşağıda verilen 3.4 No’ lu eşitliğe göre hesaplanmıştır:

$$\text{Polimerik renk oranı (\%)} = \frac{\text{Polimerik renk}}{\text{Renk yoğunluğu}} \quad (3.4)$$

3.2.5.6 Antioksidan Aktivite Tayini

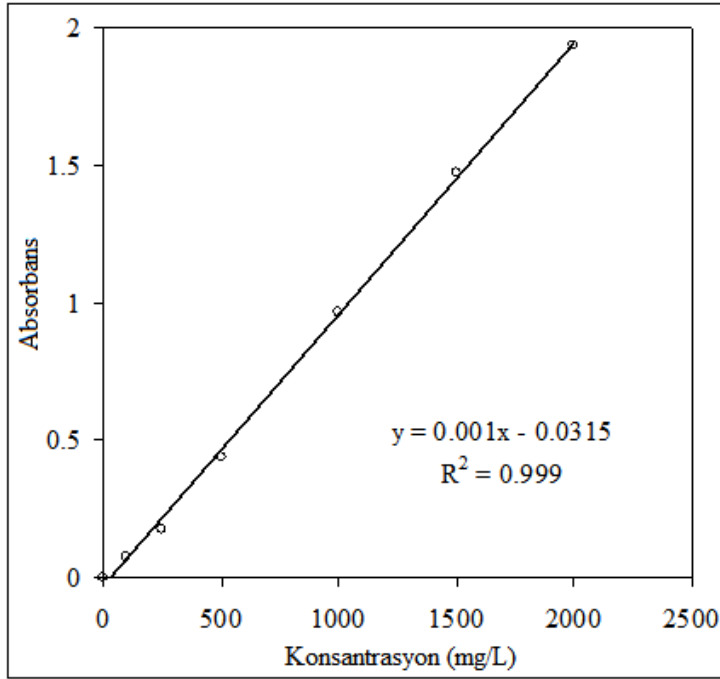
Re ve ark. (1999) ile Arts ve ark. (2001) tarafından önerilen *Trolox eşdeğer antioksidan kapasitesi* (TEAC) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, *ABTS (2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfonik asit))*'in oksidasyonu ile üretilen $\text{ABTS}^{\bullet+}$ radikal çözeltisi üzerine, antioksidan içeren bir örneğin eklenmesi sonucu radikalın indirgenmesi temeline dayanmaktadır. Mavi/yeşil $\text{ABTS}^{\bullet+}$ radikal çözeltisini oluşturmak için ABTS ve potasyum persülfat arasında gerçekleştirilecek reaksiyondan yararlanılmıştır. $\text{ABTS}^{\bullet+}$ radikal çözeltisi, analiz öncesinde PBS (*Phosphate buffer saline: tuzlu fosfat tampon*) çözeltisi ile 734 nm’ de 0.700 (± 0.02) Absorbans değeri verecek şekilde seyreltilmiştir. Seyreltilmiş $\text{ABTS}^{\bullet+}$ radikal çözeltisinden mikroküvete 1 mL alınmış ve üzerine 10 μL örnek ekstraktı eklenerek 6 dakika boyunca 1’ er dakika arayla absorbans değerleri okunmuştur. 6 dakika sonunda saptanmış olan absorbans değeri esas alınarak, başlangıç değerine göre yüzde azalma oranı (inhibisyon oranı) hesaplanmıştır. En az 3 farklı örnek hacminde çalışılarak, örnek miktarına bağlı olarak inhibisyon oranları belirlenmiştir. Daha sonra, 6 dakika sonunda saptanmış ortalama yüzde inhibisyon değerleri örnek miktarlarına (hacimlerine) karşı bir grafiğe aktarılıp linear regresyon analizi uygulanmak suretiyle, örneğe ilişkin eğriye ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ulaşılmıştır. Örneğe ilişkin eğrinin eğimi, Şekil 3.5’de verilen troloks standart eğrisinin eğimine oranlanarak örneğin TEAC (troloks eşdeğer antioksidan kapasite) değeri “ $\mu\text{mol troloks/ mL meyve suyu}$ ” olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.5. Troloks standart eğrisi.

3.2.5.7 Toplam Fenol Tayini

Singleton ve Rossi (1965) tarafından önerilen Folin-Ciocalteu yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemin ilkesi, fenolik bileşiklerin alkali ortamda Folin-Ciocalteu ayıracını indirgeyip, kendilerinin oksitlenmiş forma dönüştüğü bir redoks reaksiyonuna dayanmaktadır. Folin ayıracı ile muamele edildikten sonra oluşacak mavi renk, spektrofotometrede 720 nm dalga boyunda şahide karşı okunmuştur. Örnekte ölçülecek absorbans değerinin gallik asit cinsinden eşdeğeri olan fenolik bileşik miktarı, gallik asit ile hazırlanan standart kurvenin denkleminde hesaplanmış (Şekil 3.6) ve örnekteki toplam fenolik bileşik miktarı "mg gallik asit/ L" cinsinden ifade edilmiştir.



Şekil 3.6. Gallik asit standart eğrisi.

3.2.5.8. Suda Çözünür Kuru Madde (Briks) Tayini

Refraktometrik olarak saptanmış olup, bu amaçla Abbe tipi refraktometreden (Abbe 5 Refractometer, Bellingham-Stanley Ltd., İngiltere) yararlanılmıştır.

3.2.5.9. pH Tayini

pH değeri, potansiyometrik olarak Sartorius PB-11 (Almanya) marka pH-metre kullanılarak saptanmıştır.

3.2.5.10. Titrasyon Asitliği Tayini

Titrasyon asitliği, pH ile izlenerek yürütülen titrasyonla saptanmıştır. Bu amaçla belli miktar nar suyuna, 0.1 N standardize edilmiş NaOH çözeltisi ile ve pH metre yardımıyla, pH 8.1' e ulaşmaya kadar titrasyon uygulanmıştır. Titrasyon asitliği susuz sitrik asit cinsinden "g/100 g" olarak hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010).

3.2.5.11. Mikrobiyolojik Analizler

UV ışınlarının söz konusu meyve sularının doğal florası (toplam canlı ve maya-küf sayısı) üzerine etkisini belirlemek amacıyla, nar suyu örnekleri UV sisteminden 1, 3 ve 5

kez, portakal suyu örnekleri ise 1, 2, 3 ve 4 kez geçirilerek, örneklerin mikrobiyal yüklerindeki değişim düzeyleri belirlenmiştir. Bununla birlikte, UV ışınlarının nar suyunun doğal mikrobiyel florası (toplam canlı, maya-küf sayısı ve toplam koliform bakteri sayısı) üzerine etkisini araştırmak amacıyla, öncelikle nar suyunun düşük düzeyde bulunan başlangıç mikrobiyal yükünün artırılması sağlanmıştır. Bu amaçla, durultma işlemi nar suyu örneklerinin 30°C’de 18 saat süreyle bekletilmesiyle gerçekleştirilmiştir.

Kullanılan UV sisteminin patojen bir mikroorganizma üzerine etkinliğinin ortaya konması amacıyla da, meyve sularına inokülasyon çalışması yapılmıştır. Bu amaçla, patojen bir mikroorganizma olan *Escherichia coli* O157:H7’yi temsilen, patojen olmayan *E. coli* ATCC 25922 ile meyve sularına 5-6 log düzeyinde inokülasyon yapılmıştır. İnokülasyon öncesi, *E. coli* ATCC 25922 suşu kademeli olarak pH 4’e adapte edilmiştir (Koutchma ve ark., 2007). pH 4’e adapte edilen suş tek koloni olarak, 0.75 g/100 mL düzeyinde glikoz içeren Tryptic Soy Broth (TSB, Merck, Almanya) besiyerine aktarılmış ve 37°C’de 18 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda bu besiyerinin 10 mL’ si 3000 rpm’de 5 dak. süreyle santrifüjlenerek elde edilen pelet 1 mL peptonlu suda homojen bir şekilde çözündürülmüştür. Daha sonra 1 mL’ de çözündürülmüş *E. coli* peleti, 3 L meyve suyuna aktarılarak 6-7 log düzeyinde inokülasyon gerçekleştirilmiştir. İnokülasyon yapılan meyve suları UV sisteminden 5 kez geçirilerek, mikrobiyal yükteki değişim düzeyi belirlenmiştir. İnokülasyon işleminden önce portakal suyu otoklavda (Hirayama HVE 50, Japonya) 90°C’de 2 dak. pastörize edilmiştir. Her iki meyve suyunun başlangıç mikrobiyal (toplam canlı ve maya-küf) yükleri <10 olarak tespit edilmiştir.

Kontrol örnekleri ile ısı işlem ve UV uygulanmış örneklerde, aşağıda verilen yöntemlere göre toplam bakteri, toplam maya ve küf ve toplam koliform bakteri sayımı yapılmıştır.

Toplam Canlı Sayımı

Bu amaçla toplam mezofil ve psikrofil aerob bakteriler sayılmıştır. Uygun seyreltilerden Plate Count Agar (PCA, Merck) besiyerine dökme plak yöntemine göre ekim yapıldıktan sonra besiyerleri mezofil bakteri sayımı için 28°–32°C’ de 48 saat inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon sonunda oluşan koloniler sayılarak örnekteki toplam mezofil bakteri sayısı koloni oluşturan birim “log kob/mL” olarak hesaplanmıştır

(AOAC, 2000).

Toplam Maya Küf Sayımı

Meyve suyu örneği ve seyreltilerinden Dichloran Rose-Bengal Chloramphenicol (DRBC agar, Merck) besiyerine dökme plak yöntemine göre ekim yapıldıktan sonra, petriler 25°–28°C’ de 5 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda petrilerde oluşan maya ve küf kolonileri sayılarak, örnekteki miktarı “log kob/mL” olarak hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

Toplam Koliform Bakteri Sayımı (En Muhtemel Sayı-EMS Yöntemi)

Meyve suyu örneklerinin ardışık 3 seyreltisinden içerisinde durham tüpü ve steril 10 mL Lauryl Sulphate Tryptose Broth (LSTB, Merck) bulunan 3’er tüpe aseptik koşullarda 1’er mL aktarılmıştır. 37°C’ de 24-48 saat inkübasyona bırakılan tüplerde inkübasyon süresi sonunda pozitif tüpler belirlenmiştir. Kanıtlama amacıyla, pozitif tüplerden Brilliant Green Bile Broth (BGBB, Merck) besiyerine öze ile aktarım yapılmış ve 37°C’ de 24-48 saat inkübasyona bırakılan tüplerden elde edilen pozitif sonuçlara göre, EMS tablosu yardımıyla meyve suyunda bulunması muhtemel koliform sayısı “EMS/mL” olarak belirlenmiştir (Ünlütürk ve Turantaş, 2002).

E. coli ATCC 25922 Sayımı

İnoküle meyve suyu örneği ve seyreltilerinden Tryptic Soy Agar (TSA, Merck) besiyerine dökme plak yöntemine göre ekim yapıldıktan sonra petriler 37°C’ de 18 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda petrilerde gelişen koloniler sayılarak, örnekteki miktarı “log kob/mL” olarak hesaplanmıştır (Koutchma ve ark., 2007).

3.2.5.12 Duyusal Analiz

Tüketici Tercih Testi

Kontrol grubu, UV uygulanmış ve ısıl işlem görmüş meyve suyu örneklerinin genel, tat ve aroma bakımından tüketiciler tarafından beğeni durumu ve beğeni sıralaması 7 puanlı hedonik skala kullanılarak 18-45 yaş aralığında yaklaşık 95 kişi ile yapılan duyusal analiz sonucunda belirlenmiştir. Tüketici testi amacıyla kullanılan değerlendirme formu Şekil 3.7’de verilmiştir (Meilgaard ve ark., 1999).

Yaş:..... Cinsiyet:..... Tarih:.....

Size, birazdan tadacağınız **portakal/nar** suyu örneklerinin duysal özellikleri hakkındaki düşünceleriniz sorulacaktır.

Lütfen;

- 1) Başlamadan önce ağzınızı su ile çalkalayınız. Her bir örneğin tadımından sonra da ağzınızı su ile çalkalamayı unutmayınız. Portakal sularını yutmak zorunda değilsiniz. Bu amaçla size vereceğimiz tükürme kaplarını kullanabilirsiniz.
- 2) Size verilen portakal suyu örneklerini aşağıda verilen sıraya göre **genel olarak** ve **tat&aroma** yönünden değerlendiriniz.
- 3) Ürünlerin sizde bıraktığı etkiye göre, aşağıdaki skalayı kullanarak 1 ile 7 arasında bir numarayı daire içersine alınız.
- 4) Son olarak, nedenlerini de belirterek, portakal sularını **genel beğeni** sırasına koyunuz.

Katılımınız için teşekkür ederiz... ☺

Ürün Kodu: 285

	Hiç beğenmedim		Ne beğendim Ne beğenmedim			Çok fazla beğendim	
Genel	1	2	3	4	5	6	7
Tat&aroma	1	2	3	4	5	6	7

Ürün Kodu: 450

	Hiç beğenmedim		Ne beğendim Ne beğenmedim			Çok fazla beğendim	
Genel	1	2	3	4	5	6	7
Tat&aroma	1	2	3	4	5	6	7

Ürün Kodu: 125

	Hiç beğenmedim		Ne beğendim Ne beğenmedim			Çok fazla beğendim	
Genel	1	2	3	4	5	6	7
Tat&aroma	1	2	3	4	5	6	7

Beğeni sıralamanız:

Kod	Nedeni
En çok 1).....	(.....)
2).....	(.....)
En az 3).....	(.....)

Şekil 3.7. Tüketici testi değerlendirme formu.

Üçgen Testi

“Kontrol grubu ve UV uygulanmış meyve suları” ile “UV uygulanmış ve ısıtılmış meyve suları” olmak üzere iki kategoride meyve suları arasında önemli bir farklılığın olup olmadığının belirlenmesi amacıyla üçgen testi kullanılmıştır. Bu analiz yönteminde 30 paneliste 2’si aynı ve 1’i farklı olan toplam 3 meyve suyu örneği Çizelge 3.3’de verilen sıralamaya göre dağıtılmıştır. Panelistlerden 3 meyve suyu örneğinden farklı olanı Şekil 3.8’de verilen değerlendirme formuna işaretlemeleri istenmiştir. Panelistlerin verdiği cevaplara göre toplam doğru veya yanlış sayıları belirlenerek, $\alpha=0.01$ önemlilik düzeyine göre değerlendirme yapılmıştır (Meilgaard ve ark., 1999).

Çizelge 3.3. Üçgen testinde örneklerin sunuluş sıralaması (Meilgaard ve ark., 2005)

Panelist #	Sıralama	Kodlar	Panelist #	Sıralama	Kodlar
1.	AAB	106-863-111	16.	AAB	863-106-111
2.	ABB	422-600-094	17.	BBA	600-094-422
3.	BAB	600-422-094	18.	ABA	106-111-863
4.	AAB	863-106-111	19.	ABB	422-094-600
5.	BBA	600-094-422	20.	ABA	863-111-106
6.	ABA	106-111-863	21.	BAA	111-106-863
7.	ABB	422-094-600	22.	BBA	094-600-422
8.	ABA	863-111-106	23.	BAA	111-863-106
9.	BAA	111-106-863	24.	BAB	094-422-600
10.	BBA	094-600-422	25.	AAB	106-863-111
11.	BAA	111-863-106	26.	ABB	422-600-094
12.	BAB	094-422-600	27.	BAB	600-422-094
13.	AAB	106-863-111	28.	AAB	863-106-111
14.	ABB	422-600-094	29.	BBA	600-094-422
15.	BAB	600-422-094	30.	ABA	106-111-863

ÜÇGEN TESTİ		
		Tarih:
		Adı-Soyadı:
<p>Üçgen testinde değerlendirmeniz için 3 örnek bulunmaktadır. Örneklerden ikisi aynı birisi farklıdır. Örnekleri sırasıyla tadınız ve farklı olan örneği yuvarlak içerisine alınız. Örnekler arasında ağzınızı çalkalayınız ve örnekleri yutmayınız.</p>		
.....

Şekil 3.8. Üçgen testi değerlendirme formu.

3.2.6. Kinetik Katsayıların Hesaplanması

Kontrol grubu, UV-C uygulanmış ve ısıtılmış meyve sularının 4, 10 ve 20°C’lerde depolanması süresince nar suyundaki antosiyaninler ile portakal suyundaki askorbik asitin degradasyon (parçalanma) kinetiği incelenmiştir. Isıtılmış portakal suyu örneklerinin depolanması süresince askorbik asitin degradasyonu birinci derece (first order) kinetik model ile, nar suyu örneklerinin depolanması süresince antosiyanin degradasyonu ise hem birinci derece kinetik model hem de weibull dağılımı ile açıklanmıştır.

Weibull modeli, aşağıda verilen 3.5 No’ lu eşitliğe göre tanımlanmaktadır (Oms-Oliu ve ark., 2009; Tiwari ve ark., 2009d). Modelleme ve varyans analizi TableCurve™ 2D v5.01 (SYSTAT Software Inc, ABD) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

$$C_t = C_0 \exp[-(k_\alpha \cdot t)^\beta] \quad (3.5)$$

Burada:

C_t : t zamanında incelenen bileşenin konsantrasyonu

C_0 : İncelenen bileşenin başlangıç konsantrasyonu

k_α : Reaksiyon hız sabiti (gün^{-1}) ve aynı zamanda ölçek faktörü (α)’nün tersi ($1/\alpha$) (Corradini ve Peleg, 2004)

β : Şekil parametresi

Birinci derece kinetik model ise aşağıda verilen 3.6 No' lu eşitlik ile tanımlanmaktadır (Özkan ve ark., 2010).

$$\ln \frac{C}{C_0} = -k \times t \quad (3.6)$$

Burada:

- C_0 : İncelenen bileşenin başlangıç konsantrasyonu
 C : İncelenen bileşenin t süre sonundaki konsantrasyonu
 k : Reaksiyon hız sabiti
 t : Süre

Herbir depolama sıcaklığı için antosiyanin/askorbik asit kaybına ilişkin değerlerin genel logaritmasının “y” eksenine, depolama sürelerinin “x” eksenine yerleştirilmesiyle doğrusal bir eğri elde edilmiştir. Bu eğriye ilişkin regresyon denkleminin eğimi kullanılarak, 3.7 no' lu eşitliğe göre reaksiyon hız sabiti (k) hesaplanmıştır :

$$k = (\text{eğim}) \cdot 2.303 \quad (3.7)$$

Antosiyaninlerin/askorbik asitin degradasyonuna ilişkin yarılanma süreleri ($t_{1/2}$) ise 3.8 no' lu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$t_{1/2} = -\ln(0.5)/k \quad (3.8)$$

Antosiyaninlerin/ askorbik asitin degradasyonunun, sıcaklığa bağlılığını saptamak üzere aktivasyon enerjisi (E_a) değeri, reaksiyon hız sabitlerinin (k) doğal logaritmalarının $1/T$ ' ye karşı grafiğe işlenerek elde edilen Arrhenius grafiğinin eğiminden yararlanılarak 3.9 no' lu eşitlik ile hesaplanmıştır (Özkan ve ark., 2010).

$$\text{Eğim} = -E_a/R \quad (3.9)$$

Burada:

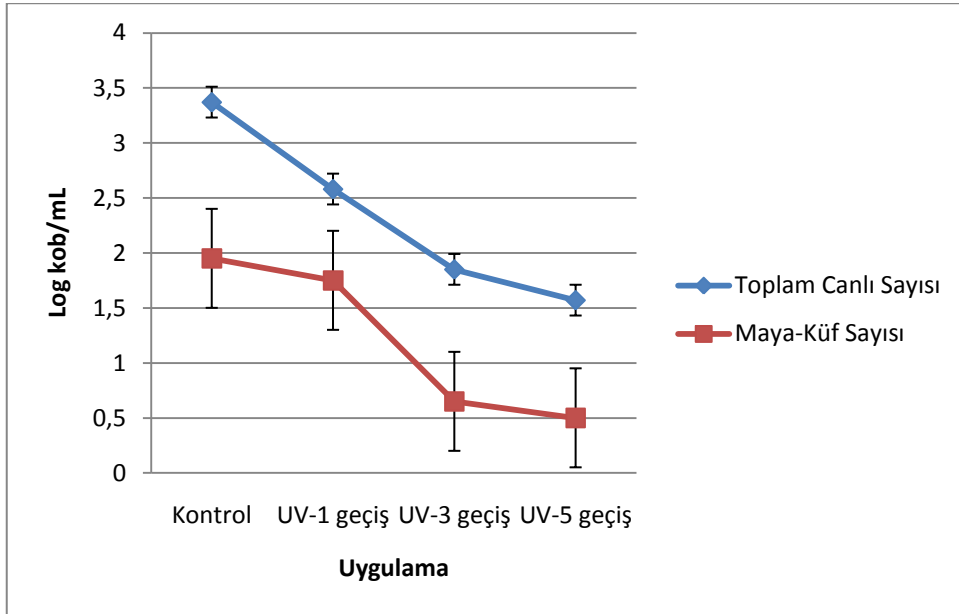
- E_a : Aktivasyon enerjisi ($J \text{ mol}^{-1}$)
 R : Gaz sabiti ($8.314 J \text{ mol}^{-1}K^{-1}$)

3.2.7. İstatistiksel Analiz

Tüm veriler, SAS V8.2 (SAS, 1999) istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. SAS V8.2 programının MIXED prosedürü kullanılarak “unstructured 1 varyans-kovaryans modellemesi” yapılmıştır. Bu amaçla SAS programındaki repeated opsiyonu kullanılmış ve hatalar arası korelasyonlar hesaba katılmıştır (Everitt, 1995; Jennrich ve Schluchter, 1986). Analizde kullanılan faktörün seviyeleri kontrol, UV-C ışınlama ve ısıl işlem’dir. Bağımlı değişkenler ise, nar ve portakal sularının mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve duyuşsal parametreleridir.

BÖLÜM 4**ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA****4.1. UV-C Reaktörün Mikrobiyolojik Performansı****4.1.1. UV-C Uygulamasının Nar Suyunun Doğal Mikroflorası Üzerine Etkisi**

UV-C ışınlarının nar suyunun doğal mikroflorası (toplam canlı ve maya-küf sayısı) üzerine etkisini belirlemek amacıyla, öncelikle nar suyunun düşük düzeyde bulunan başlangıç mikrobiyal yükünün artırılması sağlanmıştır. Bu amaçla, durultma işlemi nar suyu örneklerinin 30°C’de 18 saat süreyle bekletilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Böylece nar suyunun başlangıç mikrobiyal yükü, toplam canlı sayısında 3.37 log kob/mL ve maya-küf sayısında ise 1.95 log kob/mL düzeyine ulaşmıştır. Bu şekilde mikrobiyel yükü arttırılan nar suyu örnekleri UV-C reaktörden 1, 3 ve 5 kez geçirilerek, örneklerin toplam canlı ve maya-küf sayılarındaki değişim incelenmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. UV-C uygulamasının nar suyunun doğal mikroflorası üzerine etkisi.

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi uygulanan UV-C dozu arttıkça mikrobiyel inaktivasyon düzeyi de artmaktadır. Nitekim, sistemden 1, 3 ve 5 geçiş uygulaması ile toplam canlı sayısında sırasıyla 0.79 log (% 23.4), 1.52 log (% 45.1) ve 1.8 log (% 53.4); maya-küf sayısında ise sırasıyla 0.2 log (% 10.3), 1.3 log (% 66.7) ve 1.45 log (% 74.4) düzeyinde azalma olduğu saptanmıştır. Ancak, bu değerlerden de anlaşılacağı gibi nar suyunda

istenilen yüksek inaktivasyon değerlerine ulaşamamıştır. Bu durumun, nar suyunun uygulanan durultma işlemi sonucunda istenilen berraklıkta olmasına karşın, yüksek antosiyanin içeriği nedeni ile yoğun kırmızı renkte olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim, karasakız çeşidi kırmızı üzümünden elde edilen ve nar suyuna göre 8.3 kat daha az antosiyanin içeriğine sahip olan berrak kırmızı üzüm suyunun, aynı UV-C sisteminden sadece 2 kez geçişi sonucunda toplam canlı ve maya küf sayısında sırasıyla 5.59 ve 5.24 log azalma olduğu saptanmıştır (Uysal Pala ve Kırca Toklucu, 2010). Literatürde, UV-C uygulamasının antosiyanin içeren meyve sularının mikroflorasına etkisi üzerine sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda da benzer şekilde düşük inaktivasyon değerlerine ulaşılmıştır. Örneğin, Keyser ve ark. (2008), 2065.5 J/L UV-C dozu uygulanan çilek nektarlarının toplam canlı ve maya-küf sayısında sırasıyla, sadece 1.32 ve 2.45 log azalma olduğunu saptamışlardır. Bunun dışında, Fredericks ve ark. (2010) tarafından, yaklaşık 10^6 düzeyinde *Saccharomyces cerevisiae* VIN13 inoküle edilmiş Shiraz çeşidi kırmızı üzüm sularına 1377 J/L şiddetinde UV-C dozu uygulaması sonucunda 3.14 log düzeyinde bir azalma olduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde, Guerrero-Beltran ve ark. (2009), *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 10274 inoküle edilmiş antosiyanin içeren meyve sularına UV-C uygulamışlar ve koyu viyole renkli olan üzüm suyunda sadece 0.53 log, kırmızı-kahverengi renkli yaban mersini suyunda ise 2.51 log düzeyinde azalma olduğunu belirlemişlerdir.

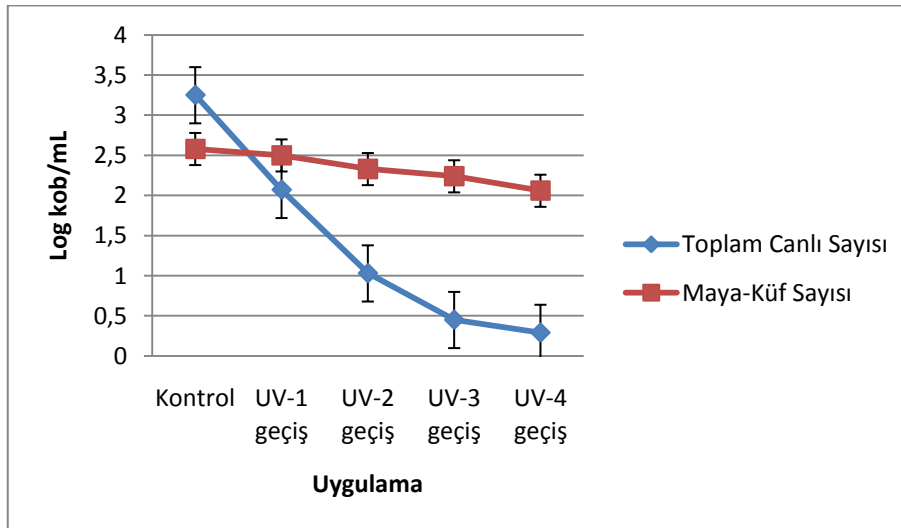
4.1.2. UV-C Uygulamasının Portakal Suyunun Doğal Mikroflorası Üzerine Etkisi

Bu amaçla, portakal suyu UV-C reaktörden 4 kez geçirilerek, her geçiş sonrasında alınan örnekler ile hiçbir işlem görmemiş kontrol grubu örneğinde toplam canlı, maya-küf ve EMS (En Muhtemel Sayı) yöntemi ile koliform grubu bakteri sayımları gerçekleştirilmiştir.

Portakal sularının başlangıç toplam canlı ve maya-küf sayıları sırasıyla 3.25 ve 2.58 log kob/mL olarak tespit edilmiştir. Diğer yandan, analiz edilen portakal suyu örneklerinin hiçbirinde koliform grubu bakteriye rastlanmamıştır. UV-C reaktörden 1, 2, 3 ve 4 geçiş sonucunda, UV-C ışınlarının etkisiyle portakal sularının toplam canlı sayısında sırasıyla 1.18 log (%36.3), 2.22 log (%68.3), 2.8 log (%86.2) ve 2.96 log (%91); maya-küf

sayısında ise sırasıyla 0.08 log (%3.1), 0.25 log (%9.7), 0.34 log (%13.2) ve 0.52 log (%20.2) düzeyinde azalmaların olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2). Bu değerlerden, UV-C ışınlarının portakal suyundaki bakterilerin inaktivasyonu üzerine maya ve küflerden çok daha etkili olduğu açıkça anlaşılmaktadır. Tran ve Farid (2004)'e göre maya ve küflerin, bakteri türlerine göre daha dirençli olmaları, DNA yapılarındaki primidin bazlarının (başlıca timin) daha az olmasından kaynaklanmaktadır. Bilindiği gibi, UV-C ışınlarının mikroorganizmaların DNA'sı tarafından absorbe edilmesi sonucu aynı DNA zinciri üzerinde komşu primidin bazları arasında (timin ve sitozin) çapraz bağların oluşması ile mikroorganizmaların inaktivasyonu gerçekleşmektedir. Bununla birlikte, maya ve küf hücre duvarlarının kimyasal kompozisyonu ve kalınlığı da bakterilerden farklı olup, organizmaların hücre duvarının yapısının UV ışınlarına dirençliliğini etkileyen bir faktör olduğu da Montgomery (1985) tarafından gösterilmiştir (Tran ve Farid, 2004).

Keyser ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, 1377 J/L UV-C dozu uygulanan portakal suyunun toplam canlı sayısında <1 (0.89) log, maya-küf sayısında ise <1 (0.3) log azalma olduğu saptanmıştır. Buna karşın, Tran ve Farid (2004), portakal suyunun tek UV-C lambalı ince film bir reaktörden 10 kez sirküle edilmesi sonucunda (teorik olarak hesaplanan UV-C doz: 123 mJ/cm²) toplam canlı ve maya küf sayısında sırasıyla %97.8 ve %94.7 düzeyinde azalma olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 4.2. UV-C uygulamasının portakal sularının doğal mikroflorası üzerine etkisi.

Portakal suyunun optik ve fiziksel özellikleri, UV-C ışınlarının mikroorganizmaların inaktivasyon dirençliliğini etkileyen önemli faktörlerdendir (Koutchma ve ark., 2007). Portakal suyunun absorbans katsayısı (47.9 cm^{-1}), berrak elma suyu (25.9 cm^{-1}) ile karşılaştırıldığında çok daha yüksektir. Buna ek olarak, portakal suyunun pulp içeren bir meyve suyu olması nedeniyle bulanıklık değeri ($>3759 \text{ NTU}$) ve viskozitesi (51.77 cP) de, berrak elma suyuna (972 NTU ve 5.79 cP) göre çok daha yüksektir (Koutchma ve ark., 2007). Elma suyunun portakal suyuna göre daha düşük olan bu özellikleri dikkate alındığında, berrak tip meyve sularında UV-C ışınlarının inaktivasyon etkinliği daha yüksek olacaktır. Nitekim, Keyser ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada UV-C uygulaması (230 J/L UV-C doz) ile elma suyunun başlangıç toplam canlı ve maya-küf sayısının %100 düzeyinde inaktive edildiği görülmektedir. Diğer yandan, berrak üzüm suyunun bu çalışmada söz konusu olan 9 lambalı UV-C reaktörden sadece bir geçişi sonucunda toplam canlı ve maya küf sayısında sırasıyla 3.51 log ve 2.71 log düzeyinde azalma olduğu belirlenmiştir (Uysal Pala ve Kırca Toklucu, 2010).

Portakal, elma, havuç ve sebze sularının askorbik asit içeriği de, UV-C ışınlarının inaktivasyon etkinliği üzerine önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir. Nitekim, askorbik asit meyve sularının absorbans katsayısının (cm^{-1}) artmasına neden olmakta ve dolayısıyla inaktivasyon amacıyla uygulanması gereken UV-C dozunu arttırmaktadır (Koutchma, 2008).

4.1.2. UV-C Işınlarının Meyve Sularına İnoküle Edilen *E. coli* ATCC 25922 Üzerine Etkisi

Mevcut UV-C reaktörün meyve sularında hedef patojen bir bakteri olan *Escherichia coli* O157:H7 üzerine mikrobiyal etkinliğinin ortaya konması amacıyla, nar ve portakal sularında inokülasyon çalışması yapılmıştır. Bu amaçla, *Escherichia coli* O157:H7'yi temsilen, patojen olmayan *E. coli* ATCC 25922 suşu kullanılmış ve 6-7 log düzeyinde inokülasyon yapılan nar ve portakal suyu örnekleri, UV-C reaktöründen 5 kez geçirilmiştir. Bununla birlikte, UV-C uygulaması sürecinde meyve sularının, hem düşük pH'ya hem de yoğun fenolik içeriğine sahip olmalarından dolayı *E. coli* ATCC 25922 üzerine herhangi bir inaktivasyon etkisinin olup olmayacağı da araştırılmıştır. Bu amaçla, nar ve portakal suyuna yaklaşık 9 log düzeyinde *E. coli* ATCC 25922 inoküle edilmiş ve

söz konusu meyve suları 25°C’de 1 saat süreyle depolanarak 0. dak., 30. dak. ve 60. dak. sonunda örnek alınmış ve ekim yapılmıştır. Sayım sonuçlarına göre (Çizelge 4.1), söz konusu meyve sularının fiziko-kimyasal özelliklerinin *E. coli* ATCC 25922 üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin bulunmadığı saptanmıştır ($P>0.05$).

Çizelge 4.1. Meyve sularının kimyasal yapısının *E. coli* ATCC 25922 üzerine etkisi¹

	Portakal Suyu (log kob/mL)	Nar Suyu (log kob/mL)
0. dak.	8.996±0.02a	9.045±0.03a
30. dak.	8.999±0.02a	8.949±0.03a
60. dak.	9.045±0.02a	8.980±0.03a

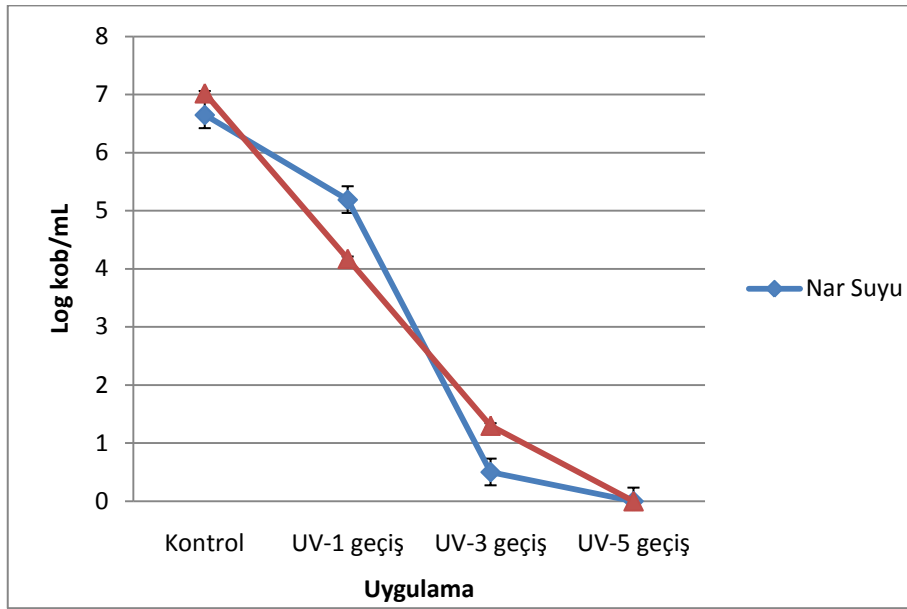
¹Sonuçlar “Ortalama±Standart hata” olarak verilmiştir (n=2).

Farklı küçük harflerle (a, b) gösterilen sütun değerleri birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

UV-C reaktörden 1, 3 ve 5 geçiş sonrasında, nar ve portakal sularında *E. coli* ATCC 25922 suşuna ilişkin inhibisyon sonuçları Şekil 4.3’ de gösterilmiştir. Nar ve portakal sularında başlangıç *E. coli* ATCC 25922 popülasyonu sırasıyla 6.65 (±0.23) log kob/mL ve 7.02 (±0.04) log kob/mL olarak belirlenmiştir. UV-C reaktörden 3 geçiş sonrasında nar suyunda 6.15 log ve portakal suyunda 5.72 log düzeyinde azalma olurken, 5 geçiş sonrasında meyve sularının başlangıç yükünün < 1 log kob/mL düzeyine düşmesi sağlanmıştır. Böylece, mevcut UV-C reaktörle hem nar hem de portakal suyunda hedef patojen olarak seçilen *Escherichia coli* O157:H7’yi temsilen, patojen olmayan *E. coli* ATCC 25922 bakterisinde kabul edilebilir düzeyde bir azalma sağlanmıştır.

Portakal suyunun doğal mikroflorasının, özellikle maya sayısının, UV-C ışınlarının *E. coli* inaktivasyonu üzerine etkinliğini azalttığı bildirilmektedir (Oteiza ve ark., 2009). Bu durum, portakal suyunda maya konsantrasyonu arttıkça UV-C absorpsiyon katsayısının yükselmesi, buna bağlı olarak da bakterilerin inaktivasyonu için gereken UV-C dozunun artmasıyla açıklanmaktadır. Koutchma ve ark. (2007), 24 lambalı bir UV-C reaktör kullanarak portakal suyunun özelliklerini taşıyan bir model karamel çözeltilisine inoküle edilen *Escherichia coli* K12 hücreleri üzerine UV ışınlarının etkisini inceledikleri çalışmalarında, model çözeltilinin reaktörden 3 geçişi sonrasında *E. coli* K12 hücreleri sayısında sadece 3.1 log düzeyinde azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Elma sularında

yapılan inokülasyon çalışmalarında ise, UV-C uygulamalarına bağlı olarak farklı düzeylerde inaktivasyon düzeylerine ulaşılmıştır. Örneğin, Donahue ve ark. (2004), 35 mJ/cm² düzeyinde UV-C dozu uygulanmış elma suyundaki *E. coli* ATTC 25922 popülasyonunda en az 5 log düzeyinde azalma olduğunu saptamışlardır. Benzer şekilde, Caminiti ve ark. (2010) ise 2.66 J/cm² düzeyinde UV-C dozu uygulanmış elma suyundaki *E. coli* sayısında 4.59 log düzeyinde azalma olduğunu belirlemişlerdir. 40°C'lik bir sıcaklık uygulamasıyla birlikte UV-C ışınlanması sonucunda ise, elma suyunda bulunan *E. coli* sayısında 5.8 log düzeyinde azalma olduğu saptanmıştır (Ukuku ve Geveke, 2010).



Şekil 4.3. UV-C uygulamasının nar ve portakal suyunda *E. coli* ATTC 25922 üzerine etkisi.

4.2. UV-C Işınlarnın Meyve Sularının Kimyasal Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri

4.2.1. Nar Suyunun Kimyasal Kalite Özelliklerindeki Değişimler

UV-C uygulamasının nar suyunun bazı kimyasal kalite özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla, reaktörden 1, 3 ve 5 geçiş sonunda alınan örnekler ile kontrol grubu (hiçbir işlem uygulanmamış) örneğinin toplam monomerik antosiyanin içeriği, antosiyanin parçalanma ölçütleri (renk yoğunluğu, polimerik renk ve polimerik renk yüzdesi) değerleri, bireysel antosiyanin profili, toplam fenol ve antioksidan aktivite düzeyleri, organik asit

profili ile pH, briks ve titrasyon asitliği değerleri incelenmiştir. Ayrıca, UV uygulanmış nar suyunun kalite özelliklerinin, ısıtma işlem uygulaması ile kıyaslanması amacıyla bir kısım nar suyuna 90°C’de 2 dakika ısıtma işlem uygulaması yapılmış ve ısıtma işlem uygulanmış örneklerde de yukarıda belirtilen analizler yapılmıştır.

4.2.1.1. Nar Suyunun Monomerik Antosiyanin İçeriği ve Polimerik Rengindeki Değişimler

Kontrol grubu ile UV-C ışınları (UV-1 geçiş, UV-3 geçiş ve UV-5 geçiş) ve ısıtma işlem uygulanmış nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içeriği ve polimerik rengi de içeren antosiyanin parçalanma ölçütleri değerleri Çizelge 4.2’ de verilmiştir. Çizelge 4.2’ de görüldüğü gibi, UV-C uygulaması sonucunda nar suyunun toplam monomerik antosiyanin içeriğinde istatistiksel olarak önemli düzeyde bir değişim gözlenmemiştir ($P>0.05$). Nitekim, 3 ve 5 geçişlik UV-C uygulamasından sonra örneklerin toplam monomerik antosiyanin içeriklerinde sırasıyla sadece % 3.89 ve % 8.40 düzeyinde bir azalma meydana gelmiştir. Araştırmalarımıza göre, literatürde UV-C reaktör kullanılarak nar suyunun antosiyanin içeriği üzerine UV-C uygulamasının etkisinin belirlendiği bir çalışma bulunmamaktadır. Diğer yandan, Lopez-Rubira ve ark. (2005), nar tanelerine 0.56-13.63 kJ/m² doz aralığında UV-C uygulamışlar ve nar tanelerinin antosiyanin içeriğinde önemli bir değişim olmadığını bildirmişlerdir. Nar, fenolik bileşenlerce zengin bir kaynaktır. Bilindiği gibi fenolikler, iyi birer kopigmenttir ve kopigment reaksiyonlarında antosiyaninleri stabilize etme özelliği göstermektedirler. Dolayısıyla, nar suyunun fenolik bileşenleri UV-C uygulaması sırasında antosiyaninlerin parçalanmasında önleyici bir etkiye neden olabilmektedirler. Nitekim, antosiyanin çözeltilerinde kopigment varlığının antosiyaninler üzerine UV uygulamasının parçalama etkisini engellediği bildirilmiştir (Bakowska ve ark., 2003).

Diğer yandan, uzun süreli UV-C uygulaması, antosiyaninlerin fotodegradasyonu sonucu renk kayıplarına neden olabilmektedir (Guerrero-Beltran ve ark., 2009). Nitekim, 253.7 nm dalga boyundaki UV fotonları, organik moleküller tarafından absorbe edilmekte ve aromatik halkalar, çift bağlar ve disülfid bağlarını içeren bileşenler gibi konjuge bağları etkilemektedirler (Koutchma, 2009). Bunun sonucu olarak da antosiyanin içeriği indirgenebilir. Nitekim, Aksay ve Bobuş (2009), bir UV-C kabini içinde 5 mL nar suyu örneğine 1 ve 5 dak. süresince 19.6 mW/cm² şiddetinde UV-C uygulamışlar ve uygulama

sonucunda örneğin monomerik antosiyanin içeriğinde sırasıyla %11.97 ve %19.01 düzeyinde kayıp olduğunu saptamışlardır. Bununla birlikte, Guerrero-Beltran ve ark. (2009), uzun süreli UV-C uygulamasının, üzüm ve yaban mersini sularının kırmızı-mor renkli antosiyanin pigmentlerinde kayıplara neden olarak, bu meyve sularının toplam renk farkı değerlerinde (ΔE) artışa neden olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.2. Kontrol ile UV-C ve ısıl işlem uygulanmış nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içeriği ile antosiyanin parçalanma ölçütü değerleri²

Uygulama	Antosiyaninler ¹ (mg/L)	Renk Yoğunluğu	Polimerik Renk	Polimerik Renk, %
Kontrol	426.24±13.75a	4.855±0.32a	0.546±0.07a	11.25
UV-1 geçiş	418.52±13.75a	5.069±0.32a	0.646±0.07a	12.74
UV-3 geçiş	409.65±13.75a	4.945±0.32a	0.650±0.07a	13.15
UV-5 geçiş	390.51±13.75a	4.862±0.32a	0.690±0.07a	14.19
Isıl İşlem (90°C, 2 dak)	325.47±13.75b	4.979±0.32a	1.220±0.07b	24.50

¹"mg siyanidin 3-glukozit/L nar suyu".

²Sonuçlar "Ortalama±Standart hata" olarak verilmiştir (n=2).

Farklı küçük harflerle (a, b) gösterilen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P < 0.05).

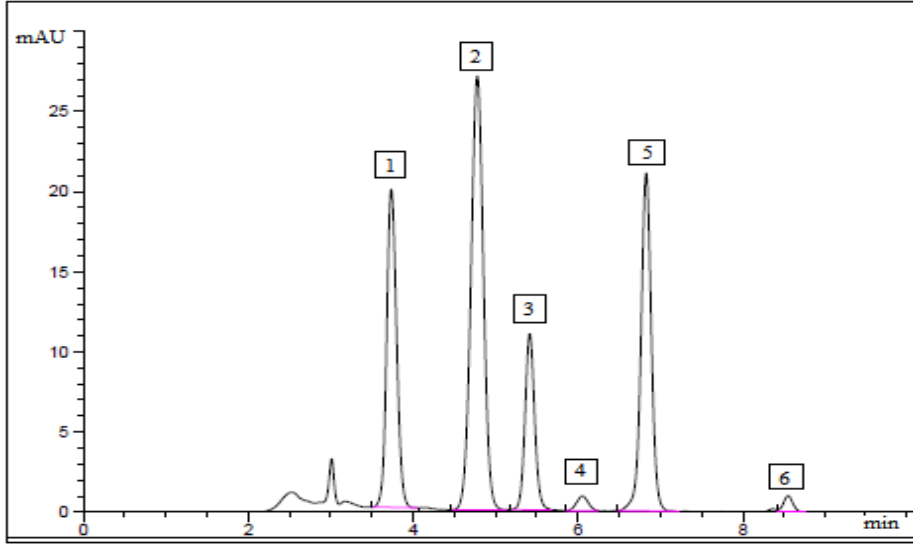
UV-C ışınlarının antosiyaninler üzerine etkisinin gösterildiği çalışmaların çok sınırlı olmasına karşın, farklı meyve sularında antosiyaninlerin stabiliteyi üzerine yüksek hidrostatik basınç (HHP), atımlı elektrik alan (PEF), ultrases, ozon ve gama radyasyon gibi diğer ısıl olmayan teknolojilerin etkilerinin araştırıldığı çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, yüksek dozda (3.5-10 kGy) gama radyasyonu uygulamasının, nar sularının toplam antosiyanin içeriğinde %22 ile %90 arasında değişen kayıplara neden olduğu belirlenmiştir (Alighourchi ve ark., 2008). Ozon uygulamasının ise, çilek suyu (Tiwari ve ark., 2009a) ve böğürtlen suyunda (Tiwari ve ark., 2009b) bulunan antosiyaninleri önemli derecede azalttığı saptanmıştır. Bununla birlikte, HHP, PEF and ultrases uygulamalarının meyve sularının antosiyanin içerikleri üzerine düşük düzeyde bir etkisinin olduğu bildirilmektedir (Tiwari ve ark., 2009c).

Beklendiği gibi, nar sularının antosiyanin içeriği, ısıl işlem uygulaması ile

istatistiksel olarak önemli derecede etkilenmiştir ($P < 0.05$). Kontrol grubu nar suyu örnekleri ile karşılaştırıldığında, nar suyundaki antosiyanin pigmentlerinin %23.63'ünün ısı işlem sonucu kayba uğradığı saptanmıştır (Çizelge 4.2). Bilindiği üzere, ısı işlem sırasında, antosiyaninler kolayca parçalanmakta ve renksiz veya arzu edilmeyen esmer renkli polimerik pigmentler oluşmaktadır. Antosiyaninlerin polimerizasyonu ve esmerleşme derecesinin bir göstergesi olarak UV-C ve ısı işlem uygulanan nar suyu örneklerinde polimerik renk yüzdeleri de belirlenmiştir. UV-C uygulaması sonucu nar suyunun polimerik renk değerleri çok az düzeyde artış göstermiştir (Çizelge 4.2). Ancak, bu artış miktarı ısı işlem uygulamasına göre çok daha düşük olup, istatistiksel olarak önemli değildir ($P > 0.05$). Örneğin, başlangıç polimerik renk değeri, %11.3 olup bu değer 5 geçişlik UV-C uygulaması ile %14.2'ye, ısı işlem uygulaması ile ise %24.5'e yükselmiştir.

4.2.1.2. Nar Suyunun Antosiyanin Profilindeki Değişimler

UV ve ısı işlem uygulamasının nar suyundaki bireysel antosiyaninler üzerine etkisini ortaya koymak amacıyla, HPLC yöntemi ile nar suyunun antosiyanin profili belirlenmiş ve bireysel antosiyaninlerdeki değişim düzeyleri incelenmiştir. Hicaz çeşidi narlardan elde edilen nar suyunun antosiyanin profilinde, delfinidin 3- glukozit ve 3,5- diglukozit, siyanidin 3-glukozit ve 3,5-diglukozit olmak üzere başlıca 4 adet antosiyanin pigmenti bulunmakla birlikte, daha düşük seviyede de pelargonidin 3-glukozit ve 3,5-di glukozit olmak üzere toplam 6 adet antosiyanin pigmenti belirlenmiştir (Şekil 4.4). Daha önce yapılan çalışmalarda, hem Hicaz çeşidi nar suyunun (Turfan, 2008; Kelebek ve Canbaş, 2010) hem de diğer nar çeşitlerinin de benzer antosiyanin profiline sahip olduğu bildirilmiştir (Alighourchi ve ark., 2008; Lopez-Rubira ve ark., 2005; Miguel ve ark., 2004; Zhang ve ark., 2009).



Şekil 4.4 Kontrol grubu nar suyundaki antosiyanin pigmentlerinin HPLC kromatogramı ($\lambda=520$ nm): (1)Delfinidin 3,5-diGlukozit; (2) Siyanidin 3,5-diGlukozit; (3) Delfinidin 3-Glukozit; (4) Pelargonidin 3,5-diGlukozit; (5) Siyanidin 3-Glukozit; (6) Pelargonidin 3-Glukozit.

Kontrol grubu, UV-C (UV-1 geçiş, UV-3 geçiş ve UV-5 geçiş) ve ısıtma işlemi uygulanmış nar suyu örneklerinde antosiyanin pigmentlerinin değişim düzeyleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, 5 geçiş UV-C uygulaması sonucunda bireysel antosiyanin miktarlarında %8.1-16.3 arasında kayıp olduğu saptanmıştır. Diğer yandan, ısıtma işlemi uygulaması sonucunda, nar suyunun bireysel antosiyanin miktarlarında çok daha yüksek düzeyde kayıpların (%15.4-%28.3) meydana geldiği belirlenmiştir. UV-C ve aynı zamanda ısıtma işlemi uygulamasından en fazla etkilenen antosiyanin pigmentleri delfinidin grubu, en az etkilenenler ise pelargonidin grubu antosiyaninler olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, antosiyanin pigmentleri bakımından UV-C ve ısıtma işlemi uygulaması arasındaki farklılıkların, pelargonidin 3-glukozit dışında istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($P>0.05$).

Çizelge 4.3. Kontrol grubu ile UV-C ve ısıtma işlemi uygulanmış nar suyu örneklerinin antosiyanin profili¹

Uygulama	Del 3.5- dG	Del 3-G	Cyn 3.5- dG	Cyn 3-G	Pel 3.5- dG	Pel 3-G	Toplam
Kontrol	142.83 ±4.58a	89.25 ±3.75a	229.00 ±10.22a	173.40 ±5.42a	10.59 ±0.36a	11.37 ±0.63a	656.44 ±11.26a
UV-1 geçiş	137.75 ±4.58a	85.1 ±3.75a	223.50 ±10.22a	166.9 ±5.42ad	10.42 ±0.36a	11.07 ±0.63a	634.81 ±11.26ad
UV-3 geçiş	130.09 ±4.58ad	79.63 ±3.75ad	214.68 ±10.22a	159.53 ±5.42 ad	10.15 ±0.36a	10.84 ±0.63a	604.92 ±11.26bd
UV-5 geçiş	122.91 ±4.58bd	74.75 ±3.75bd	204.66 ±10.22b	153.98 ±5.42 bd	9.73 ±0.36ac	10.25 ±0.63a	576.27 ±11.26b
Isıl İşlem (90°C, 2dak)	105.33 ±4.58c	63.99 ±3.75c	176.44 ±10.22c	132.51 ±5.42c	8.79 ±0.36bc	9.62 ±0.63a	496.67 ±11.26c

¹Sonuçlar "mg/L" ve "Ortalama±Standart hata" olarak verilmiştir (n=2).

Farklı küçük harflerle (a, b) gösterilen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P < 0.05).

4.2.1.3. Nar Suyunun Toplam Fenol ve Antioksidan Aktivite Düzeyindeki Değişimler

Nar sularının antioksidan aktivitesi, çoğunlukla yüksek fenolik içeriklerinden kaynaklanmaktadır. Nar sularının fenolik bileşenlerini ise, büyük ölçüde antosiyaninler (siyanidin, delfinidin ve pelargonidin glukozitler), kateşinler, ellajik tanenler, gallik asit ve ellajik asit oluşturmaktadır (Aviram ve ark., 2000). Kontrol grubu nar suyunun toplam fenol içeriği ve antioksidan aktivitesi, sırasıyla 1742 mg gallik asit/L ve 18.6 µmol troloks eşdeğeri/mL olarak bulunmuştur. Çizelge 4.4'de görüldüğü gibi, kontrol grubu nar suyu ile karşılaştırıldığında, UV-C ve ısıtma işlem uygulamaları nar sularının toplam fenol içeriği ile antioksidan aktivite düzeyini istatistiksel olarak önemli derecede etkilememiştir (P>0.05). Benzer şekilde, Lopez-Rubira ve ark. (2005), UV-C radyasyon ile muamele edilen nar tanelerinin DPPH yöntemi kullanılarak belirlenen antioksidan aktivite değerlerinde önemli bir değişimin olmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca, literatürde UV-C ışınlarının diğer meyve sularının toplam fenol içeriği ve antioksidan aktivitesi üzerine etkisine ilişkin çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Örneğin, taze elma suyuna UV-C uygulayan Noci ve ark.

(2008)' ı, elma suyunun antioksidan aktivitesinin bu uygulamadan etkilenmediğini, buna karşın toplam fenol içeriğinde önemli bir azalmanın meydana geldiğini belirlemişlerdir. Diğer yandan, Caminiti ve ark. (2010), yükselen film bir UV-C reaktör kullanarak elma suyuna 2.66-53.10 J/cm² şiddetinde UV-C dozu uygulamışlar ve sonuçta elma suyunun toplam fenol içeriğinde önemli bir değişim olmadığını bildirmişlerdir. Ancak, aynı araştırmacılar uygulanan UV-C dozu arttıkça, elma suyunun antioksidan aktivite düzeyinin azaldığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.4. Kontrol ile UV-C ve ısı işlem uygulanmış nar suyu örneklerinin toplam fenol ve TEAC değerleri¹

Uygulama	Toplam Fenol ² (mg/L)	TEAC değeri (µmol troloks eşdeğeri/mL)
Kontrol	1742 ± 22.21a	18.60 ± 0.41a
UV-1 geçiş	1732 ± 22.21a	18.04 ± 0.41a
UV-3 geçiş	1711 ± 22.21a	18.21 ± 0.41a
UV-5 geçiş	1684.5 ± 22.21a	18.01 ± 0.41a
Isıl İşlem (90°C, 2 dak.)	1757 ± 22.21a	17.87 ± 0.41a

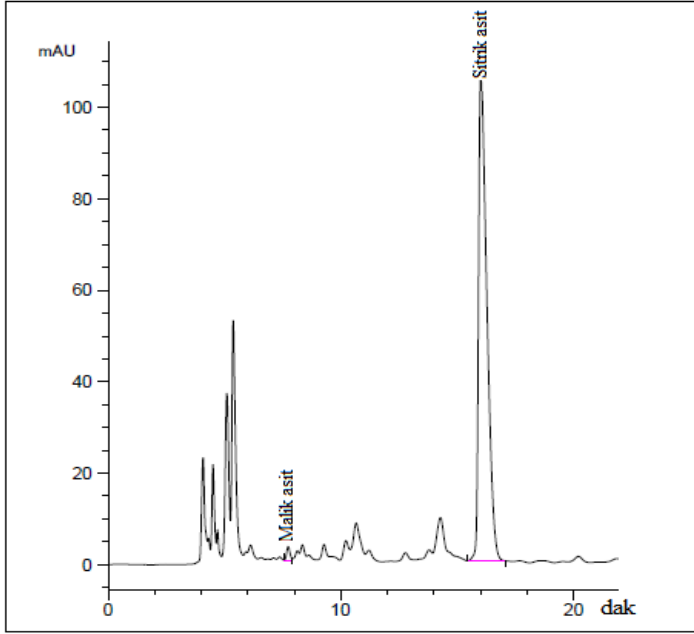
¹Sonuçlar "Ortalama±Standart hata" olarak verilmiştir (n=2).

²"mg gallik asit/L nar suyu".

Farklı küçük harflerle (a, b) gösterilen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P < 0.05).

4.2.1.4. Nar Suyunun Organik Asit Profilineki Değişimler

Kontrol grubu nar suyuna ilişkin HPLC kromatogramında tanımlanan organik asit pikleri Şekil 4.5'de görülmektedir. Kontrol grubu nar suyu örneklerinde saptanan organik asitler sitrik ve malik asit olup, bu asitlerin miktarları 13.61 g sitrik asit /L ve 0.33 g malik asit /L olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Benzer şekilde, Ekşi ve Özhamamcı (2009), nar suyunun sitrik asit miktarının 6.6-13.6 g/L, malik asit miktarının ise 0.5-0.9 g/L düzeyinde olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 4.5. Kontrol grubu nar suyunda bulunan organik asitlerin HPLC kromatogramı.

Nar sularının organik asit profili üzerine UV-C ve ısıl işlem uygulamalarının etkileri Çizelge 4.5’de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre, UV-C ve ısıl işlem uygulanmış nar suyu örneklerinin organik asit içerikleri ile kontrol grubu örneklerinin organik asit içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir. Diğer yandan, araştırmalarımıza göre literatürde UV-C ışınlarının organik asitler üzerine etkilerinin belirlendiği bir çalışma bulunamamıştır.

Çizelge 4.5. Kontrol ile UV-C ve ısıl işlem uygulanmış nar suyu örneklerinin organik asit içeriği¹

Uygulama	Sitrik Asit (g/L)	Malik Asit (g/L)
Kontrol	13.61±0.50a	0.33±0.01a
UV-1 geçiş	13.90±0.50a	0.30±0.01a
UV-3 geçiş	13.85±0.50a	0.33±0.01a
UV-5 geçiş	13.25±0.50a	0.31±0.01a
Isıl İşlem (90°C, 2 dak.)	13.85±0.50a	0.33±0.01a

¹Sonuçlar “Ortalama±Standart hata”olarak verilmiştir (n=2).

Farklı küçük harflerle (a, b) gösterilen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P < 0.05).

4.2.1.5. Nar Suyunun Bazı Fiziko-Kimyasal Özelliklerindeki Değişimler

UV-C ve ısıtma işlemi uygulanmış nar sularının pH, çözünür kurumadde ve titrasyon asitliği değerleri Çizelge 4.6’da verilmiştir. Bu değerler, kontrol grubu değerleri ile karşılaştırıldığında hem UV-C hem de ısıtma işlemi uygulamaları sonucunda nar suyunun fiziko-kimyasal değerlerinde önemli bir değişim olmadığı görülmektedir ($P>0.05$). Elde edilen bu sonuçlar, UV-C uygulanan elma sularının fizikokimyasal özelliklerinde önemli bir değişimin olmadığı bildirilen önceki çalışmalarla da uyum göstermektedir (Caminiti ve ark., 2010; Falguera ve ark., 2011; Noci ve ark., 2008; Walkling-Ribeiro ve ark., 2008).

Çizelge 4.6. Kontrol ile UV-C ve ısıtma işlemi uygulanmış nar suyu örneklerinin pH, çözünür kurumadde ve titrasyon asitliği değerleri¹

Uygulama	pH	Çözünür Kuru Madde (°Brix)	Titrasyon Asitliği ² (g/100 mL)
Kontrol	3.35 ^a ± 0.03a ²	16.25 ± 0.43a	1.16 ± 0.07a
UV-1 geçiş	3.35 ± 0.03a	16.38 ± 0.43a	1.18 ± 0.07a
UV-3 geçiş	3.37 ± 0.03a	15.88 ± 0.43a	1.14 ± 0.07a
UV-5 geçiş	3.36 ± 0.03a	16.00 ± 0.43a	1.14 ± 0.07a
Isıtma İşlemi (90°C, 2 dak.)	3.43 ± 0.03a	16.50 ± 0.43a	1.19 ± 0.07a

¹ Sonuçlar “Ortalama±Standart hata” olarak verilmiştir (n=2).

² “g sitrik asit/100 mL nar suyu”.

Farklı küçük harflerle (a, b) gösterilen sütun değerleri birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

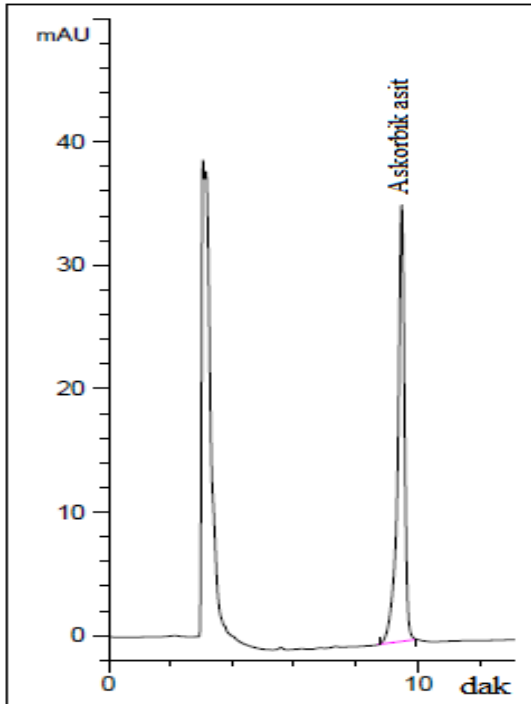
4.2.2. Portakal Suyunun Kimyasal Kalite Özelliklerindeki Değişimler

UV-C uygulamasının portakal suyunun bazı kimyasal özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla, reaktörden 1, 2, 3 ve 4 geçiş sonunda alınan örnekler ile kontrol grubu (hiçbir işlem uygulanmamış) örneklerinin askorbik asit ve organik asit profili, toplam fenol ve antioksidan aktivite düzeyleri ile pH, çözünür kurumadde ve titrasyon asitliği değerleri incelenmiştir. Ayrıca, UV-C uygulanmış portakal suyunun kalite özelliklerinin, ısıtma işlemi uygulaması ile kıyaslanması amacıyla bir kısım portakal suyuna 90°C’de 2 dakika ısıtma işlemi uygulaması yapılmış ve ısıtma işlemi uygulanmış örneklerde de yukarıda belirtilen analizler yapılmıştır.

4.2.2.1. Portakal Suyunun Askorbik Asit ve Diğer Organik Asitlerindeki Değişimler

Portakal suyunun besin kalitesi başlıca askorbik asit içeriğinden kaynaklanmaktadır. Askorbik asit ısıya ve ışığa duyarlı (Koutchma ve ark., 2009) bir vitamin olup, çeşitli işleme ve depolama koşullarına karşı oldukça duyarlıdır (Tran ve Farid, 2004; Plaza ve ark., 2006; Odriozola-Serrano ve ark., 2008; Tiwari ve ark., 2008). Portakal sularında askorbik asit kaybını etkileyen faktörlerin başında sıcaklık, oksijen konsantrasyonu, ışık, pH, tuz ve şeker konsantrasyonu, metal katalistleri ve başlangıç askorbik asit konsantrasyonu gelmektedir (Tiwari ve ark., 2008).

Washington çeşiti portakallardan üretilmiş kontrol grubu portakal suyuna ilişkin kromatogramda tanımlanan askorbik asit piki Şekil 4.6’da görülmektedir. Kontrol grubu portakal suyu örneklerinde saptanan askorbik asit miktarı 54.59 mg/100mL olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Benzer şekilde, Yemiş ve ark. (2010), Washington çeşidi taze portakal suyunun askorbik asit içeriğinin 53.19 mg/100mL olduğunu bildirmişlerdir. Nour ve ark. (2010) ise tatlı portakal suyunun askorbik asit miktarını 63.60 mg/100mL olarak tespit etmişlerdir.



Şekil 4.6. Kontrol grubu portakal suyunda bulunan askorbik asitin HPLC kromatogramı.

UV-C ve ısı işlem uygulamalarının, portakal sularının askorbik asit içeriği üzerine etkileri Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi, uygulanan UV-C dozu arttıkça portakal sularında askorbik asit kayıpları da artmaktadır. Ancak, kontrol grubu ile UV-1, 2 ve 3 geçiş uygulanmış portakal sularının C vitamini değerleri bakımından istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermediği belirlenmiştir ($P>0.05$). Diğer yandan, başlangıç askorbik asit içeriğine göre, UV-4 geçiş sonunda %9.25 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bir kaybın olduğu ($P<0.05$), ancak bu kaybın ısı işlem sonucu oluşan kayba göre istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$). Bununla birlikte, Tran ve Farid (2004) yüksek dozda UV-C uygulaması (100 mJ/cm^2) sonucu portakal suyunda %17’lik bir askorbik asit kaybının gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, endüstriyel tip Salcor UV modülü (Salcor Co.) ile 7.5 gpm akış hızı ve 7 geçiş sonucunda portakal suyunun C vitamini içeriğinde %16.60 düzeyinde azalma olduğu saptanmıştır (Koutchma ve ark., 2009). Bununla birlikte, CiderSure 1500 UV-C reaktörü kullanılarak, 57 mL/sn. akış hızı ile 3 geçiş sonrası elma suyunun askorbik asit içeriğinde, başlangıç askorbik asit içeriğine (25 mg/100g) göre yaklaşık %50-60 düzeyinde bir kaybın olduğu bildirilmektedir (Koutchma ve ark., 2009). Bu durum, askorbik asitin UV-C (254 nm) absorbansının yüksek olmasından kaynaklanabilir. Nitekim, model tampon çözeltilerde askorbik asit miktarı arttıkça, çözeltinin 254 nm dalgaboyundaki absorbansı da artmaktadır (Koutchma, 2008; Koutchma ve ark., 2009).

Çizelge 4.7. Kontrol ile UV-C ve ısı işlem uygulanmış portakal sularının askorbik asit ve diğer organik asit içeriği¹

Örnek	Askorbik Asit (mg askorbik asit/100mL)	Sitrik Asit (g/L)	Malik Asit (g/L)
Kontrol	54.59±1.11a	8.81±0.07a	0.70±0.02a
UV-1 geçiş	53.16±1.11ad	8.91±0.07a	0.71±0.02a
UV-2 geçiş	52.24±1.11ad	8.79±0.07a	0.66±0.02a
UV-3 geçiş	51.34±1.11ad	8.84±0.07a	0.68±0.02a
UV-4 geçiş	49.54±1.11bd	8.75±0.07a	0.69±0.02a
Isıl İşlem (90°C, 2 dak.)	46.12±0.90c	8.70±0.07a	0.69±0.02a

¹Sonuçlar “Ortalama±Standart hata”olarak verilmiştir (n=2).

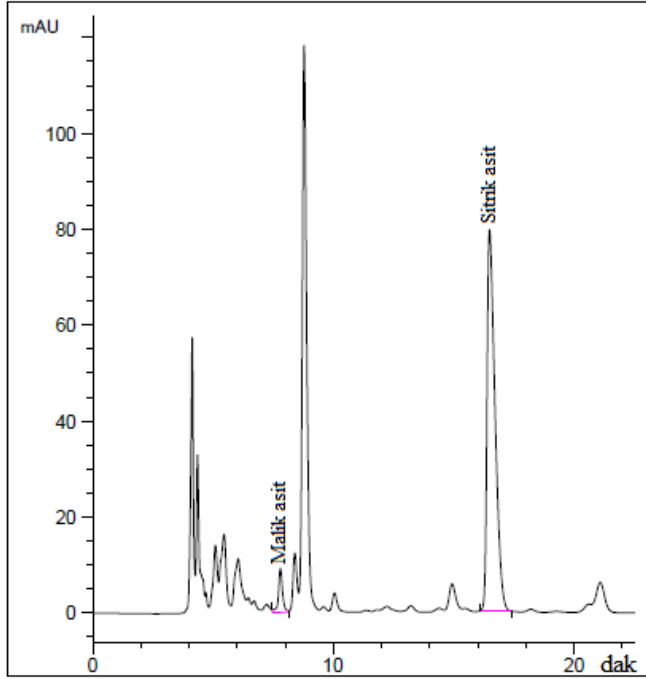
Farklı küçük harflerle (a, b) gösterilen sütun değerleri birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

UV-C ışınları ile askorbik asitin degradasyon mekanizmasını belirlemek amacıyla Tikekar (2010) tarafından, EPR (Electron Paramagnetic Resonance) spektroskopisi kullanılmış ve malik asit tampon çözeltisi ile hazırlanmış askorbik asit çözeltilerinde (pH=3.3), eser miktarda askorbat radikallerinin oluştuğu gösterilmiştir. Aynı araştırmacı, HPLC-MS analizleri ile de UV-C uygulanmış askorbik asit çözeltilerinde askorbik asit düzeylerinin azaldığını, dehidroaskorbik asit (DHA) ve 2,3-diketoglukonik asit (DHGA) düzeylerinde ise artış olduğunu bildirmektedir. UV-C uygulamasıyla oluşan askorbat radikalleri, DHA oluşumunu tetiklemekte ve DHA da ileri düzeyde DKGA'ya parçalanmaktadır (Tikekar, 2010).

UV-C uygulaması ile karşılaştırıldığında (UV-4 geçiş sonunda % 9.25 düzeyinde azalma), ısıtma işlemi (90°C, 2 dak.) askorbik asit miktarı üzerine %15.52'lik bir kayıp düzeyi ile istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$) (Çizelge 4.7). Böylece, taze portakal suyunun askorbik asit içeriği UV-C uygulaması ile ısıtma işlemine göre daha iyi korunmuştur.

Çalışma kapsamında, Washington çeşidi taze portakal suyu örneklerinde, sitrik ve malik asit olmak üzere başlıca 2 organik asit tanımlanmıştır (Şekil 4.7). Bu organik asitlerin miktarları kontrol grubu portakal sularında, 8.81 g sitrik asit /L ve 0.70 g malik asit /L olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Benzer şekilde, Nour ve ark. (2010), taze portakal suyunda sitrik asit miktarını 13.9 g/L, malik asit miktarını ise 1.5 g/L olarak belirlemişlerdir.

Portakal sularının organik asit profili üzerine UV-C ve ısıtma işlem uygulamalarının etkileri Çizelge 4.7'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, nar suyu örnekleri ile benzer şekilde, UV-C ve ısıtma işlem uygulamalarının portakal suyu örneklerinin organik asit içerikleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.7. Kontrol grubu portakal suyunda bulunan organik asitlerin HPLC kromatogramı.

4.2.2.2. Portakal Suyunun Toplam Fenol ve Antioksidan Aktivite Düzeyindeki Değişimler

Portakal suları, biyolojik olarak aktif bileşenler olan flavanonlar bakımından zengin kaynaklardır. Sağlık üzerine çeşitli olumlu etkileri bulunan hesperidin ve narirutin gibi flavanonlar, portakal sularının başlıca fenolik bileşiklerini oluşturmaktadır. Yapılan araştırmalarda, portakal suyunun antioksidan aktivitesinin başlıca askorbik asit içeriğinden kaynaklandığı, flavanon glikozitlerin ise antioksidan aktiviteye kısmen bir katkıda bulunduğu saptanmıştır (Proteggente ve ark., 2003; Gorinstein ve ark., 2006).

Kontrol grubu portakal suyunun toplam fenol içeriği ve antioksidan aktivitesi, sırasıyla 1124.13 mg gallik asit/L ve 4.71 µmol troloks eşdeğeri/mL olarak bulunmuştur. UV-C ve ısı işlem uygulamalarının toplam fenol ve antioksidan aktivite üzerine etkileri ise Çizelge 4.8’de verilmiştir. Nar suyu örneklerinde gözlendiği gibi, UV-C ve ısı işlem uygulamaları portakal sularının toplam fenol ve antioksidan aktivite düzeylerini istatistiksel olarak önemli derecede değiştirmemiştir ($P>0.05$). Literatürde, UV-C ışınlarının portakal sularının antioksidan aktivite ve toplam fenol içeriği üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak, “**Bölüm 4.2.1.3. Nar Suyunun Toplam**

Fenol ve Antioksidan Aktivite Düzeyindeki Değişimler”’de belirtildiği gibi UV-C ışınlarının taze elma sularının antioksidan aktivitesi ve toplam fenol içeriği üzerine etkisine ilişkin araştırmalar bulunmaktadır.

Çizelge 4.8. Kontrol ile UV-C ve ısıl işlem uygulanmış portakal sularının toplam fenol ve antioksidan aktivite değerleri¹

Uygulama	Toplam fenol (mg gallik asit/L)	Antioksidan aktivite (µmol troloks /mL)
Kontrol	1124.13±43.35a	4.71±0.31a
UV-1 geçiş	1124.75±43.35a	4.65±0.31a
UV-2 geçiş	1120.75±43.35a	4.65±0.31a
UV-3 geçiş	1107.50±43.35a	4.53±0.31a
UV-4 geçiş	1095.75±43.35a	4.47±0.31a
Isıl İşlem (90°C, 2 dak.)	1089.75±43.35a	4.41±0.31a

¹Sonuçlar “Ortalama±Standart hata” olarak verilmiştir (n=2).

Farklı küçük harflerle (a, b) gösterilen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P< 0.05).

4.2.2.3. Portakal Suyunun Bazı Fiziko-Kimyasal Özelliklerindeki Değişimler

UV-C ve ısıl işlem uygulanmış portakal sularının pH, çözünür kurumadde ve titrasyon asitliği değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir. Nar suyu örnekleri ile benzer şekilde, UV-C ve ısıl işlem uygulamaları portakal sularının söz konusu fiziko-kimyasal değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişikliğe neden olmamıştır (P>0.05). Tran ve Farid (2004) de, 12.3-147.6 mJ/cm² aralığında UV-C dozu uygulaması sonucunda portakal suyunun pH’sında önemli bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir. Yine, UV-C uygulanan elma sularının fizikokimyasal özelliklerinde önemli bir değişimin olmadığı da çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur (Caminiti ve ark., 2010; Falguera ve ark., 2011; Noci ve ark., 2008; Walkling-Ribeiro ve ark., 2008).

Çizelge 4.9. Kontrol ile UV-C ve ısıtılmış portakal suyu örneklerinin pH, çözünür kurumadde ve titrasyon asitliği değerleri¹

Uygulama	pH	Çözünür Kurumadde (Brix°)	Titrasyon asitliği (g /100 mL) ²
Kontrol	4.06±0.025a	11.63±0.096a	0.705±0.008a
UV-1 geçiş	4.03±0.025a	11.63±0.096a	0.715±0.008a
UV-2 geçiş	4.00±0.025a	11.69±0.096a	0.715±0.008a
UV-3 geçiş	4.06±0.025a	11.43±0.096a	0.705±0.008a
UV-4 geçiş	4.04±0.025a	11.50±0.096a	0.715±0.008a
Isıl İşlem (90°C, 2 dak.)	4.09±0.025a	11.66±0.096a	0.720±0.008a

¹ Sonuçlar “Ortalama ±Standart hata” şeklinde verilmiştir.

² “g sitrik asit/100 mL nar suyu”.

Farklı küçük harflerle (a, b) gösterilen sütun değerleri birbirinden farklıdır (P < 0.05).

4.3. UV-C Uygulamasının Meyve Sularının Duyusal Kalitesi Üzerine Etkisi

4.3.1. UV-C Uygulanmış Nar ve Portakal Sularının Tüketiciler Tarafından

Beğeni Durumu

UV-C uygulanmış (5 geçiş) nar suyu ile UV-C uygulanmış (4 geçiş) portakal suyunun tüketiciler tarafından, taze ve ısıtılmış portakal ve nar suyuna göre beğeni durumları, tüketici testleri yapılarak belirlenmiştir (Meilgaard ve ark., 1999). Tüketici testi için, 7 puanlı hedonik skala kullanılarak, 18-41 yaş aralığında olan 95 kişi tarafından meyve suyu örneklerinin tercih edilme dereceleri belirlenmiştir. Tüketici testi sonuçları, Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Tüketici testi sonucuna göre, genel özellik bakımından taze nar suyu “5.39” puanla hedonik skalanın “beğendim” kısmında yer alırken, UV uygulanmış nar suyu “4.09” puanla skalanın “ne beğendim ne beğenmedim” kısmında yer almıştır. Tat ve aroma bakımından da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 4.10). Taze portakal suyu ise hem genel hem de tat ve aroma bakımından hedonik skalanın “çok beğendim” kısmında yer alırken, UV uygulanmış portakal suyu ise “ne beğendim ne beğenmedim” şeklinde değerlendirilmiştir. Diğer yandan, ısıtılmış nar ve portakal suları tat ve aroma

bakımından sırasıyla 3.96 ve 3.12 puanla, tercih edilme dereceleri bakımından UV-C uygulanmış meyve suyu örneklerinden sonra 3. sırada yer almışlardır. Bununla birlikte, sadece UV-C uygulanmış portakal suyu, hem genel özellik hem de tat ve aroma bakımından ısıtılmış ürüne göre istatistiksel olarak önemli derecede daha çok beğenilmiştir ($P<0.05$).

Çizelge 4.10. Tüketici testi sonuçları¹

Meyve Suyu Örnekleri	Nar Suyu Tüketici Testi		
	Genel	Tat ve Aroma	Sıralama
Taze Nar Suyu	5.39±0.22a	5,48±0.21a	1.
UV-C Uyg. Nar Suyu	4.09±0.22b	4,04±0.21b	2.
Isıl İşl. Uyg. Nar Suyu	3.98±0.22b	3,96±0.21b	3.

Meyve Suyu Örnekleri	Portakal Suyu Tüketici Testi		
	Genel	Tat ve Aroma	Sıralama
Taze Portakal Suyu	6.22±0.19a ¹	6.23±0.21a	1.
UV-C Uyg. Portakal Suyu	4.13±0.19b	3.75±0.21b	2.
Isıl İşl. Uyg. Portakal Suyu	3.36±0.19c	3.12±0.21c	3.

¹ Sonuçlar “Ortalama ±Standart hata” şeklinde verilmiştir

Farklı küçük harflerle (a, b) gösterilen sütun değerleri birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

4.3.2. UV-C Uygulanmış Nar ve Portakal Sularının Kontrol ve Isıl İşlem Görmüş Meyve Sularına Göre Farklılık Durumları

“Taze–UV-C uygulanmış” ve “UV uygulanmış–ısıtılmış” meyve suları arasındaki farklılığın belirlenmesi amacıyla da, 30 kişi ile üçgen testi uygulanarak ikili karşılaştırma yapılmıştır. Üçgen testi sonuçları Çizelge 4.11’de sunulmuştur. Nar suyunda yapılan üçgen testi sonuçlarına göre, hem taze nar suyu (NS) ve 5 geçiş UV-C uygulanmış nar suyu hem de 5 geçiş UV-C uygulanmış nar suyu ve ısıtılmış görürmüş nar suyu arasındaki fark önemli bulunmamıştır ($\alpha=0.01$). Taze portakal suyu (PS) ile 4 geçiş UV-C uygulanmış portakal suyu arasında da önemli bir farkın olmadığı ($\alpha=0.01$) belirlenmiştir. Sonuç olarak, panelistler taze ve UV-C uygulanmış meyve suyu örneklerini birbirlerinden ayıramamışlardır. Ancak, 4 geçiş UV-C uygulanmış portakal suyu ile ısıtılmış görürmüş

portakal suyu arasındaki farkın önemli olduğu ($\alpha=0.01$) belirlenmiştir. Bu durum, tüketici testine göre UV-C uygulanmış ve ısıl işlem görmüş portakal suları arasında, genel özellik ve tat ve aroma bakımından istatistiksel olarak önemli bir farkın olması sonucu ile paralellik göstermektedir. Engin (2009), UV-C uygulanmış ve 65°C’de 30 dak. süreyle pastörize edilmiş süt örneklerinin arasında lezzet ve aroma bakımından farklılığın belirlenmesi amacıyla 31 paneliste üçgen testi uygulamıştır. Tat ve aroma açısından süt örnekleri arasındaki farkın $\alpha=0.01$ düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11. Üçgen testi sonuçları

Meyve Suyu Grupları	Doğru	Yanlış
Taze NS- 5 geçiş UV NS	9	21
5 geçiş UV NS-Isıl işlem NS	12	18
Taze PS- 4 geçiş UV PS	15	15
4 geçiş UV PS- Isıl işlem PS	17	13

4.4. UV-C ve Isıl İşlem Uygulanmış Meyve Sularının Farklı Sıcaklıklarda

Depolanması

UV-C uygulanmış, ısıl işlem görmüş ve kontrol grubu meyve suları 4°C, 10°C ve 20°C’de farklı sürelerle depolanmış ve depolama süresince: (1) nar ve portakal sularının mikrobiyolojik stabilitesi (toplam canlı sayısı ve maya küf sayısındaki değişim), (2) nar sularının toplam monomerik antosiyanin içeriğindeki değişim, ve (3) portakal sularının askorbik asit içeriğindeki değişim incelenmiştir. Ayrıca, depolama süresince antosiyanin ve askorbik asit içeriklerinde meydana gelen değişimler kinetik olarak (kinetik model, reaksiyon hızı, yarılanma ömrü, aktivasyon enerjisi) değerlendirilmeye çalışılmıştır.

4.4.1. Depolama Sıcaklığının Meyve Sularının Mikrobiyal Kalitesi Üzerine Etkisi

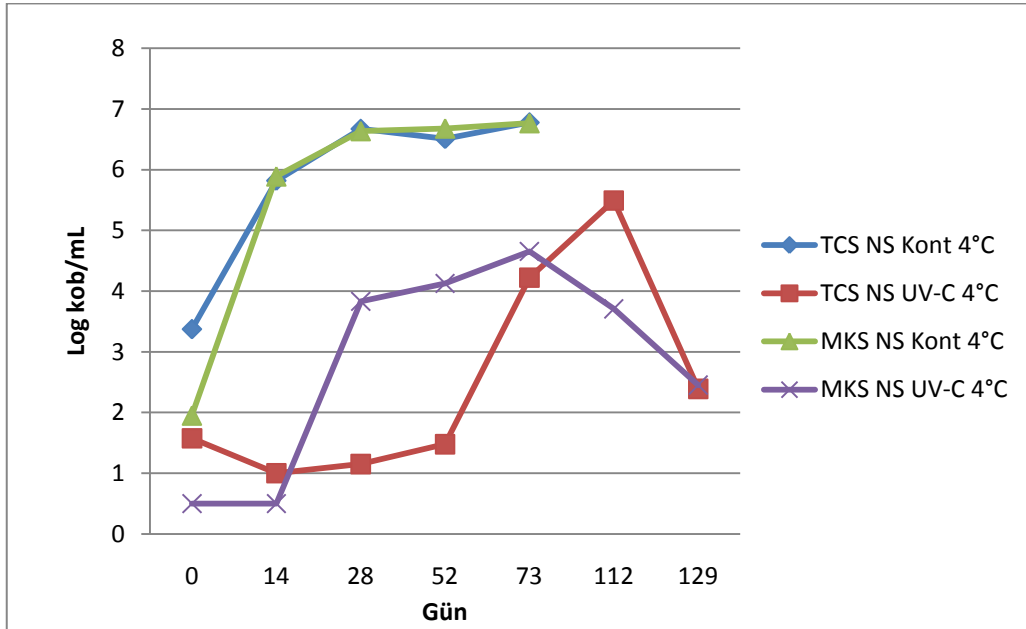
Meyve suları gibi asidik ürünler, fermente olabilen şekerler bakımından zengin kaynaklar olduklarından, başlıca doğal yapılarında bulunan asit-tolerant ve osmofilik bir mikroflora tarafından bozulmaktadır (Patil ve ark., 2011). Bu mikroflorayı, fermente tat ve CO₂ oluşumuna neden olan mayalar, asidik koşullarda gelişebilen ve istenmeyen tereyağımsı aroma oluşumundan sorumlu laktik asit bakterileri ile yüzey gelişimi sonucu

meyve sularında bozulmalara neden olan küfler oluşturmaktadır. Ayrıca, patojen bakteriler de taze meyve sularında çoğalabilir ve gıda kaynaklı enfeksiyonlar için önemli bir risk oluşturabilirler (Tahiri ve ark., 2006).

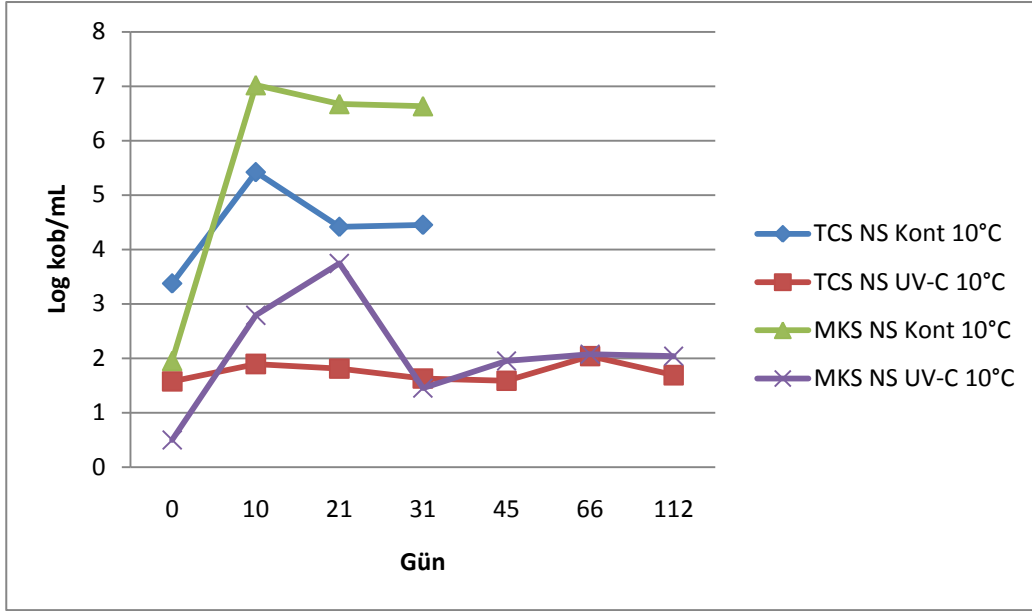
UV-C uygulanmış nar ve portakal sularının depolanması süresince mikrobiyolojik stabilitelerini belirlemek amacıyla, kontrol grubu ve UV-C uygulanmış nar ve portakal suları 4, 10 ve 20°C sıcaklıklarda depolanmış ve depolanma süresince örneklerin toplam canlı ve maya küf sayılarındaki değişim düzeyleri belirlenmiştir.

4.4.1.1. Depolama Sıcaklığının Nar Sularının Mikrobiyal Kalitesi Üzerine Etkisi

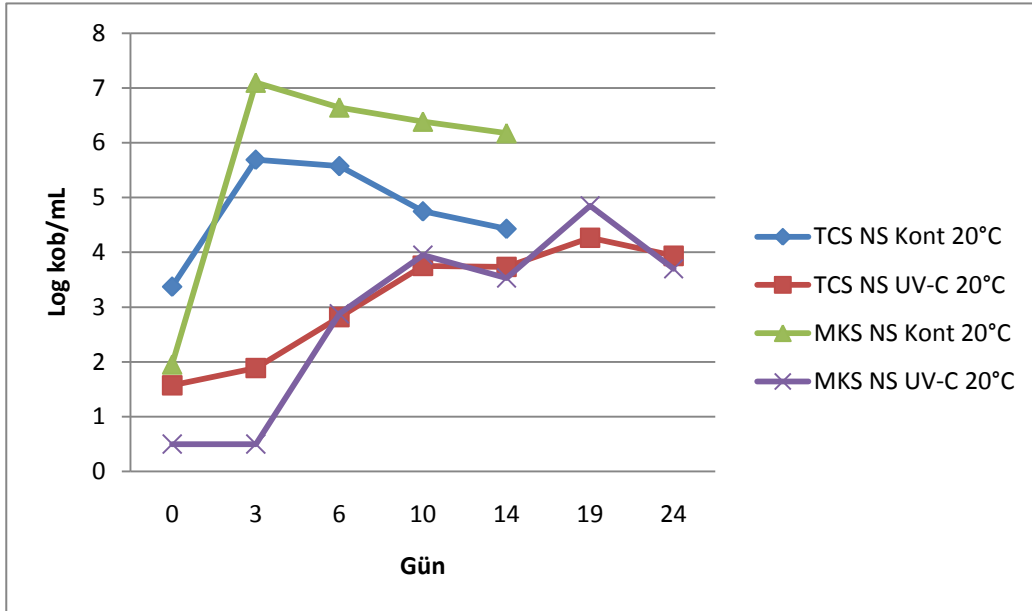
4, 10 ve 20°C’lerde depolanan kontrol grubu ve 5 geçiş UV-C uygulanmış nar suyu (NS) örneklerinin toplam canlı (TCS) ve maya-küf (MKS) sayısı değerlerindeki değişimler logaritmik olarak sırasıyla Şekil 4.8, 4.9 ve 4.10’da görülmektedir. Diğer yandan, ısıtılmış işlem uygulanmış örnekler depolama süresince mikrobiyal stabilitelerini korumuşlardır.



Şekil 4.8. 4°C’de depolama süresince kontrol grubu ve UV-C uygulanmış nar sularının mikrobiyal yükündeki değişim.



Şekil 4.9. 10°C’de depolama süresince kontrol grubu ve UV-C uygulanmış nar sularının mikrobiyal yükündeki değişim.



Şekil 4.10. 20°C’de depolanan kontrol grubu ve UV-C uygulanmış nar sularının mikrobiyal yükündeki değişim.

Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliğinde (Tebliğ No 2001/19), meyve suyu ve nektarlarında 5 analiz örneğinden 2'sinde bulunmasına izin verilen maksimum toplam canlı ve maya-küf sayısı sırasıyla 4 ve 3 log kob/mL olarak bildirilmiştir. Bu nedenle, kontrol grubu ve UV-C uygulanmış nar suyu örneklerinin farklı sıcaklıklarda depolanmaları sırasındaki mikrobiyal stabiliteleri, tebliğde yer alan bu değerler dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Kontrol grubu örneklerinin depolama başlangıcında toplam canlı ve maya-küf sayısı, sırasıyla 3.37 ve 1.57 log kob/mL olarak belirlenmiştir. Kontrol grubu nar sularının, 4°C'de 14 gün depolanması sonunda toplam canlı ve maya-küf sayıları yaklaşık 5.80 log kob/mL'ye, 10°C'de 10 günde toplam canlı sayısı, 5.40 log kob/mL'ye ve maya-küf sayısı, 7 log kob/mL'ye ve 20°C'de ise 3 günde toplam canlı sayısı, 5.70 log kob/mL'ye ve maya-küf sayısı ise, 7 log kob/mL'ye ulaşmıştır (Şekil 4.8, 4.9 ve 4.10). Bununla birlikte, 20°C'de depolanan nar suyu örneklerinde 3 günde, 10°C'de depolanan örneklerde 10 günde ve 40°C'de depolanan örneklerde ise 73 gün sonunda gaz çıkışına bağlı olarak fermentasyon gözlenmiştir. Beklendiği üzere, kontrol grubu nar suları başlangıç yüklerinin de yüksek olmasından dolayı, depolama sıcaklıklarına bağlı olarak kısa sürede bozulmuştur.

UV-C uygulaması ile kontrol grubu nar suyu örneklerinin başlangıç toplam canlı ve maya-küf sayılarının, sırasıyla 1.57 log kob/mL ve <1 log kob/mL değerlerine düşmesi sağlanmıştır. Diğer yandan, UV-C uygulanmış bu örneklerin 4°C'de 14 gün depolanması sonunda toplam canlı sayısı, 1 log kob/mL'ye düşmüş olup, maya-küf sayısı (<1 log kob/mL) ise değişmemiştir. Buradan, 4°C'de depolama sürecinde UV-C uygulanmış örneklerde bulunan mikroorganizmaların 14 gün boyunca mikrobiyal gelişimin lag fazında kaldığı anlaşılmaktadır. Bununla birlikte 10°C'de 10 gün depolama sonunda, UV-C uygulanmış nar sularında toplam canlı ve maya-küf sayısı değerleri sırasıyla 1.89 log kob/mL ve 2.79 log kob/mL düzeylerine ulaşmıştır. 20°C'de ise, UV-C uygulanmış nar sularının başlangıç toplam canlı ve maya-küf sayılarında, 3 gün sonunda önemli bir değişim gözlenmemiştir. Buradan, 10°C ve 20°C'lerde depolama sonucunda UV-C uygulanmış nar suyunun raf ömrünün sırasıyla yaklaşık olarak 15 gün ve 1 hafta olacağı söylenebilir. Diğer yandan, depolama süresi uzadıkça, Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliğine göre izin verilen maksimum toplam canlı ve maya-küf sayısı değerleri

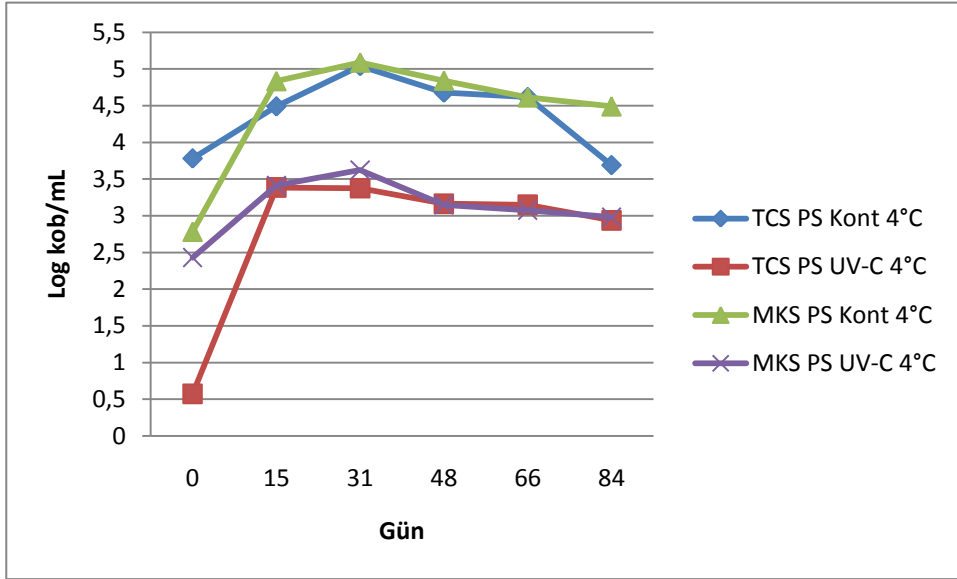
aşılmıştır. Buna göre, UV-C uygulanmış nar sularının toplam canlı sayıları 4°C’de 73 günde 4.2 log kob/mL ve 20°C’de 19 günde 4.3 log kob/mL değerlerine ulaşmıştır. 10°C’de ise, 112 gün depolama süresince toplam canlı sayısı yaklaşık 2 log kob/mL düzeyinde bir salınım göstermiştir. UV-C uygulanmış nar sularının maya-küf sayıları ise, 10°C’de 10 günde 2.79 log kob/mL ve 20°C’de 6 günde 2.90 log kob/mL düzeylerine ulaşmıştır. Bununla birlikte, 4°C depolama sırasında 14 güne kadar <1 log kob/mL olan maya-küf sayısı, 28 günde 3.80 log kob/mL düzeyine artmış olup, yaklaşık 25 günde mikrobiyolojik sınır olan 3 log kob/mL düzeyine ulaşmıştır (Şekil 4.8). Buradan, 4°C’de depolama sonucunda UV-C uygulanmış nar suyunun raf ömrünün tahminen 25 gün olacağı söylenebilir.

Tüm bu sonuçlara göre, UV-C uygulanmış nar suyu örneklerinin depolama sürecinde mikrobiyal stabilitelerinin başlıca maya-küf gelişiminden etkilenmiş olduğu anlaşılmaktadır. Nitekim, Patil ve ark. (2011), mayaların, meyve sularının bozulmasında predominant mikroorganizmalar olduğunu bildirmektedirler. Meyve suları, düşük pH ve yüksek su aktivitesine sahip olmaları ve bunun yanında basit şekerlerce zengin olmaları nedeniyle mayaların gelişimi için elverişli ortamlardır (Valverde ve ark., 2010). *Saccharomyces cerevisiae* meyve sularından en fazla izole edilen maya türüdür (Deak ve Beuchat, 1993). Mayaların meyve sularında gelişimine film oluşumu, renk bozulmaları ve viskozite değişimleri eşlik etmektedir. Ayrıca mayalar basit şekerlerin fermentasyonu sonucu, taze meyve sularının lezzet ve aromasının bozulmasına neden olan CO₂, etanol ve etil asetat gibi parçalanma ürünleri oluştururlar. CO₂ ürüne gazlı ve köpüklü bir yapı kazandırmakla birlikte, ambalajların patlamasına neden olmaktadır (Moody, 2003).

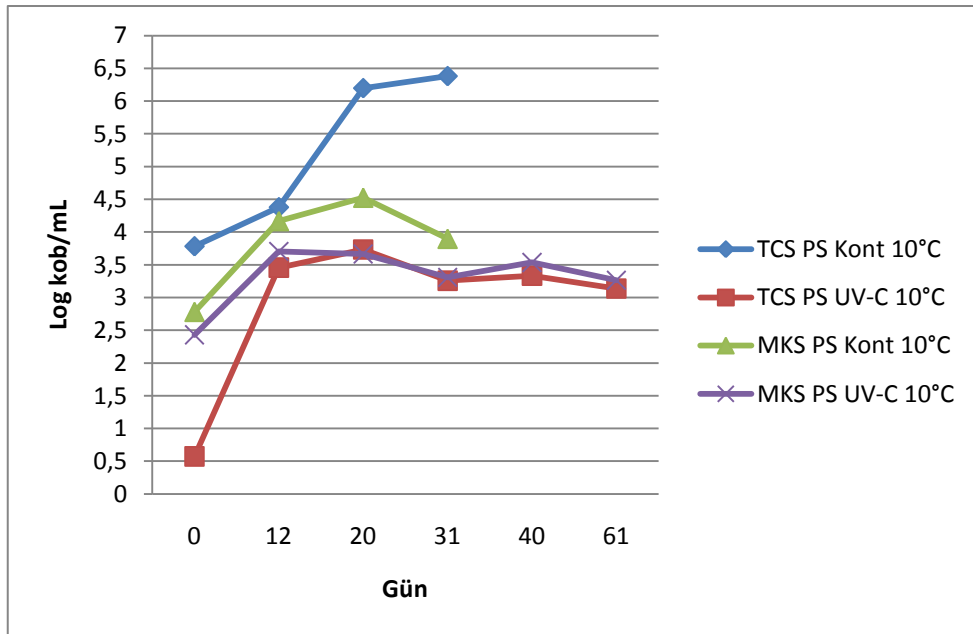
4.4.1.2. Depolama Sıcaklığının Portakal Sularının Mikrobiyal Kalitesi Üzerine Etkisi

4, 10 ve 20°C’de depolanan kontrol grubu ve 4 geçiş UV-C uygulanmış portakal suyu örneklerinin toplam aerobik canlı ve maya küf sayısı değerlerindeki değişim logaritmik olarak Şekil 4.11, 4.12, 4.13 ve 4.14’de görülmektedir. Isıl işlem görmüş nar suyu örneklerinde olduğu gibi, ısıl işlem görmüş portakal suyu örnekleri de depolama boyunca mikrobiyal stabilitelerini korumuşlardır. Kontrol grubu ve UV-C uygulanmış portakal suyu örneklerinde ise depolama süresince mikrobiyal bir gelişim söz konusu olup,

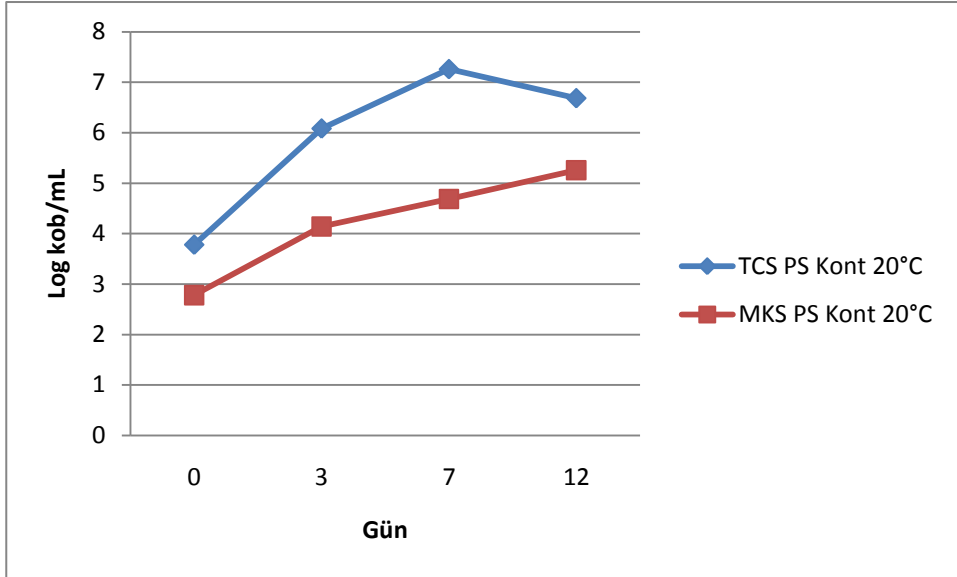
Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliğine (Tebliğ No 2001/19) göre toplam aerobik canlı ve maya-küf sayılarına ilişkin kabuledilebilir maksimum limitler dikkate alınarak portakal sularının mikrobiyolojik açıdan raf ömürleri belirlenmiştir.



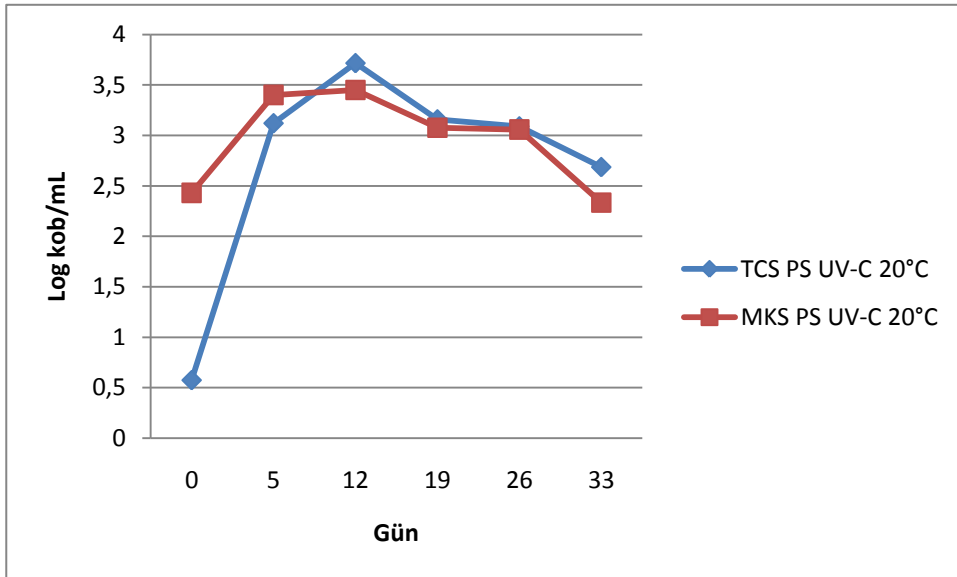
Şekil 4.11. 4°C’de depolanan kontrol grubu ve UV-C uygulanmış portakal sularının mikrobiyal yükündeki değişim.



Şekil 4.12. 10°C’de depolanan kontrol grubu ve UV-C uygulanmış portakal sularının mikrobiyal yükündeki değişim.



Şekil 4.13. 20°C’de depolanan kontrol grubu uygulanmış portakal sularının mikrobiyal yükündeki değişim.



Şekil 4.14. 20°C’de depolanan UV-C uygulanmış portakal sularının mikrobiyal yükündeki değişim.

Kontrol grubu örneklerin depolama başlangıcında toplam canlı ve maya-küf sayısı, sırasıyla 3.78 ve 2.78 log kob/mL olarak saptanmış olup, bu değerler Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliğine (Tebliğ No 2001/19) göre sınır değerler olarak kabul

edilmektedir. Bu nedenle de, taze portakal sularının hazırlandığı gün tüketilmesi gerekmektedir. Kontrol grubu portakal sularının bu değerleri, 4°C’ de depolama sürecinde, 31 günde sırasıyla 5.04 log kob/mL ve 5.10 log kob/mL’ye; 10°C’ de depolama sürecinde, toplam canlı sayısı 31 günde 6.40 log kob/mL’ye, maya-küf sayısı 20 günde 4.50 log kob/mL’ye ve 20°C’de toplam canlı sayısı 7 günde 7.30 log kob/mL’ye, maya-küf sayısı ise 12 günde 5.30 log kob/mL’ye ulaşarak pik yapmışlardır (Şekil 4.11, 4.12 ve 4.13). Supraditareporn ve Pinthong (2007) tarafından yapılan bir çalışmada ise, Sai Nam Pung ve Khieo Waanin çeşitlerinden elde edilen taze portakal sularının sırasıyla 2.58 log kob/mL ve 2.61 log kob/mL olan başlangıç toplam canlı sayılarının, 4°C’de 9 gün depolama sonunda sırasıyla 6.25 log kob/mL ve 6.29 log kob/mL değerlerine ve 25°C’de 3 gün depolama sonunda ise sırasıyla 6.28 log kob/mL ve 6.38 log kob/mL değerlerine ulaştığı belirlenmiştir.

UV-C uygulaması ile kontrol grubu portakal suyu örneklerinin başlangıç toplam canlı ve maya-küf sayıları, sırasıyla 0.57 log kob/mL ve 2.43 log kob/mL düzeylerine düşmüştür. UV-C ışınlarının portakal suyunun maya-küf içeriği üzerinde fazla bir inaktivasyon etkisinin bulunmaması nedeniyle, depolama sürecinde UV-C uygulanmış portakal sularının başlıca maya-küf faaliyetinden etkilenmesi söz konusu olmuştur. Bununla birlikte, nar suyu ile karşılaştırıldığında, Şekil 4.11, 4.12 ve 4.14’de görüldüğü gibi UV-C uygulanmış portakal sularının aerobik bakteri sayısında, maya-küf sayısına göre daha hızlı bir gelişim söz konusudur. Örneğin, 4°C’de 15 günde maya-küf sayısında 0.98 log artış olurken, toplam canlı sayısında 2.81 log artış gerçekleşmiştir. 10 ve 20 °C depolama süreçlerinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Nitekim, Bölüm 4.4.1.1’de belirtildiği gibi 4°C’de depolanan UV-C uygulanmış nar suyunun maya-küf sayısında (<1 log kob/mL) 14 gün depolama sonunda ve toplam aerobik canlı sayısında (1.57 log kob/mL) ise 52 gün depolama sonunda, önemli bir değişim gözlenmemiştir. Bununla birlikte, Donahue ve ark. (2004), 8 lambalı bir UV-C reaktörden 4 kez geçirilen bulanık elma suyunun, 4°C’ de 2 hafta depolanması sonucunda başlangıç maya-küf sayısında 2.9 log düzeyinde bir artış olduğunu belirlemişlerdir. Depolama sıcaklığının yanısıra, meyve sularının kendilerine özgü fiziko-kimyasal (pH, briks, organik asit ve fenolik bileşenler gibi) özelliklerinin farklılık göstermesi de, depolama sırasında gerçekleşen mikrobiyal gelişim üzerine önemli etkide bulunabilmektedir.

4, 10 ve 20°C sıcaklıklarda depolanan UV-C uygulanmış portakal sularının maya-küf sayısının Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliğinde (Tebliğ No 2001/19) belirtilen sınır değerini, toplam canlı sayısına göre daha önce aşmış olmasından dolayı, bu depolama sıcaklıklarında portakal sularının mikrobiyolojik raf ömürlerinin hesaplanmasında maya-küf sayıları dikkate alınmıştır.

4°C’de depolanan UV-C uygulanmış portakal suyunun başlangıç toplam canlı sayısı, Şekil 4.11’de görüldüğü gibi 3.4 log kob/mL ile en yüksek değerine 15 günde ulaşmış olup, bu değer 31 güne kadar sabit kalmış ve 84 gün sonunda 2.9 log kob/mL düzeyine azalmıştır. Bu örneklerin maya-küf sayısı ise, 15 günde 3.4 log kob/mL düzeyine ulaşmış ve 31 günde bu artış çok az seviyede devam ederek, 3.6 kob/mL düzeyine ulaşmıştır. Daha sonra da toplam canlı sayısı ile paralel olarak, 84 gün sonunda 2.9 log kob/mL değerine azalmıştır. Bu değerler dikkate alındığında ve kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, UV-C uygulaması sonucunda 4°C’de depolanan portakal sularının mikrobiyolojik raf ömrünün yaklaşık olarak 9 gün uzadığı söylenebilmektedir. Tran ve Farid (2004), 73.8 mJ/cm² UV-C dozu uygulanan portakal suyu örneklerini 4°C’de 12 gün depolamışlar ve mikrobiyolojik kriter olarak, 5000 kob/mL (3.7 log kob/mL)’lik bir sınır değeri dikkate alarak UV-C uygulanmış portakal suyunun raf ömrünü belirlemişlerdir. UV-C uygulanmış portakal suyu örneklerinin 3.45 log kob/mL olan başlangıç maya-küf sayısının, depolamanın 6. gününde 3.74 log düzeyine ulaştığını belirten araştırmacılar, UV-C uygulaması ile taze sıkılmış portakal suyunun raf ömrünün 5 gün uzatıldığını ve uygulanan UV-C dozunun artırılarak raf ömrünün daha da uzatılabileceği bildirmişlerdir.

10°C’de depolanan UV-C uygulanmış portakal suyunun maya-küf yükü 12. günde (3.7 log kob/mL), Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliğine (Tebliğ No 2001/19) göre 3 log olan kabuledilebilir sınır değerini aşmıştır (Şekil 4.12). Bununla birlikte, toplam canlı sayısı 3.7 log kob/mL değeri ile depolama süresince en yüksek değerine ulaşmıştır. Dolayısıyla maya-küf sayısı göz önüne alındığında 10°C’de depolama süresinde portakal sularının mikrobiyolojik raf ömrü 12 günden kısa olup, bu değer yaklaşık 5 gün olarak belirlenmiştir.

20°C depolama sürecinde ise, UV-C uygulanmış portakal suyunun başlangıç toplam canlı sayısı, Şekil 4.14’de görüldüğü gibi 12 günde 3.7 log kob/mL ile en yüksek değerine ulaşmış olup, maya küf sayısı ise 5 gün sonunda 3.4 log kob/mL değerine

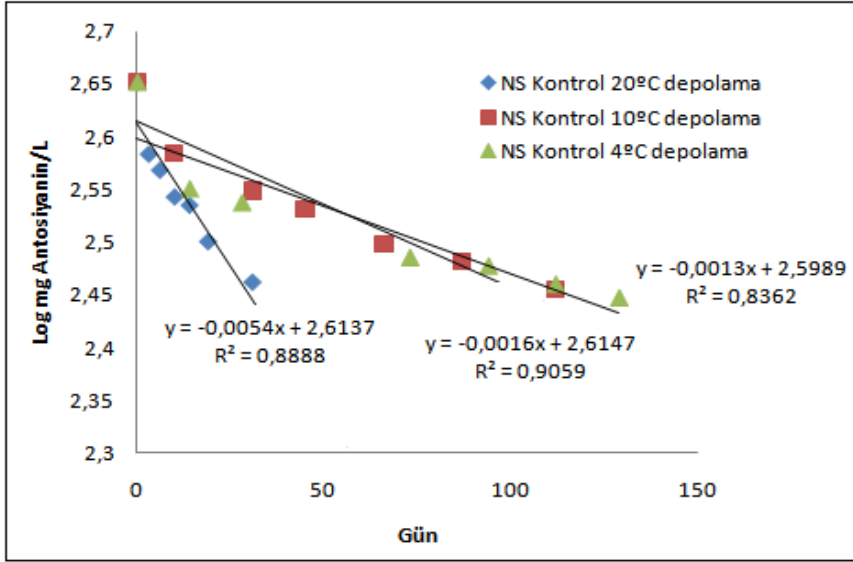
ulaşmıştır. Bu sonuçlardan, maya-küf sayısı göz önüne alındığında 20°C’de depolanan portakal sularının mikrobiyolojik raf ömrü 5 günden kısa olup, bu değer yaklaşık 3 gün olarak belirlenmiştir.

4.4.2. Depolama Sıcaklığının Nar Suyunun Antosiyanin İçeriği Üzerine Etkisi

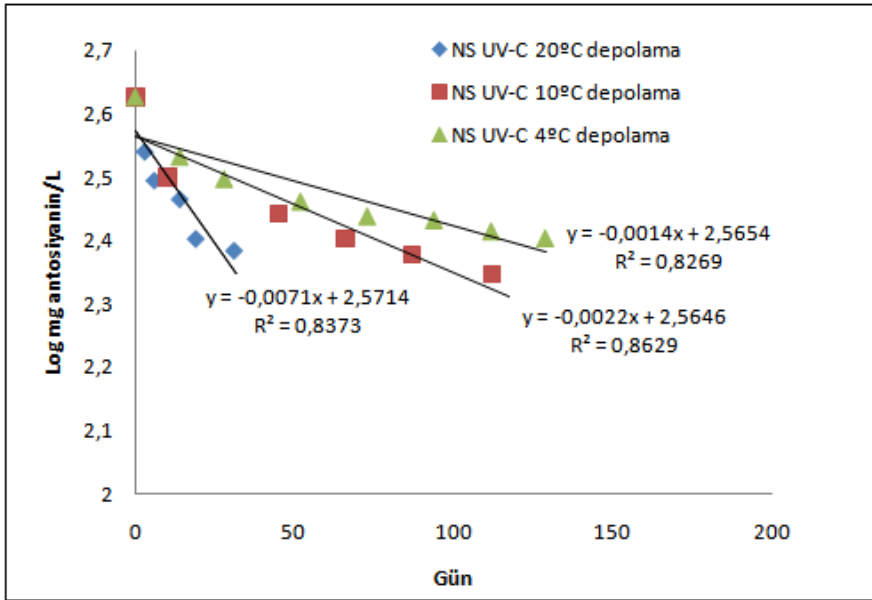
Kontrol grubu, 5 geçiş UV-C ve ısıtma işlemi uygulanmış nar suyu örnekleri 4, 10 ve 20°C’de farklı sürelerle depolanarak, depolanma süresince örneklerin antosiyanin içeriklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Tüm nar suyu örneklerinde, antosiyaninlerin depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak parçalandığı gözlenmiştir. Örneklerin depolanması süresince antosiyaninlerin degradasyonu (parçalanması), hem “birinci derece reaksiyon kinetiği” hem de “Weibull dağılımı” kullanılarak ayrı ayrı incelenmiştir.

Literatürde, nar suyu ve konsantresi (Alighourchi ve Barzegar, 2008; Turfan, 2008) ve diğer antosiyanin içeren meyve sularında (Kırca ve ark. 2007; Kırca ve Cemeroglu, 2003; Wang ve Xu, 2007) antosiyaninlerin depolama sürecinde parçalanmasının birinci derece reaksiyon kinetiğine uygun olarak geliştiği gösterilmiştir. Bu nedenle, veriler öncelikle “birinci derece reaksiyon kinetiği” ne göre değerlendirilmiştir. Bu amaçla, antosiyanin konsantrasyonuna ilişkin verilerin genel logaritması (log konsantrasyon), zamana karşı (t) doğrusal koordinat sistemine işlenmiş ve doğrusal regresyon analizi uygulanarak doğrusal eğriler ve bu eğrileri tanımlayan eşitlikler elde edilmiştir. Verilerin doğrusal bir eğriye ne kadar iyi uyduğunun ölçütü, bu analiz işlemi hesaplanmış olan R^2 değeri, yani “determinasyon katsayısıdır.” Determinasyon katsayısının, $R^2=1$ olması, deneysel verilerle kusursuz bir doğrusal eğri sağlandığının kanıtıdır. Nitekim, birçok araştırmacının, bu tür regresyon analizinden yararlanarak, inceledikleri reaksiyonun derecesi hakkında karar verdikleri görülmektedir (Labuza, 1984).

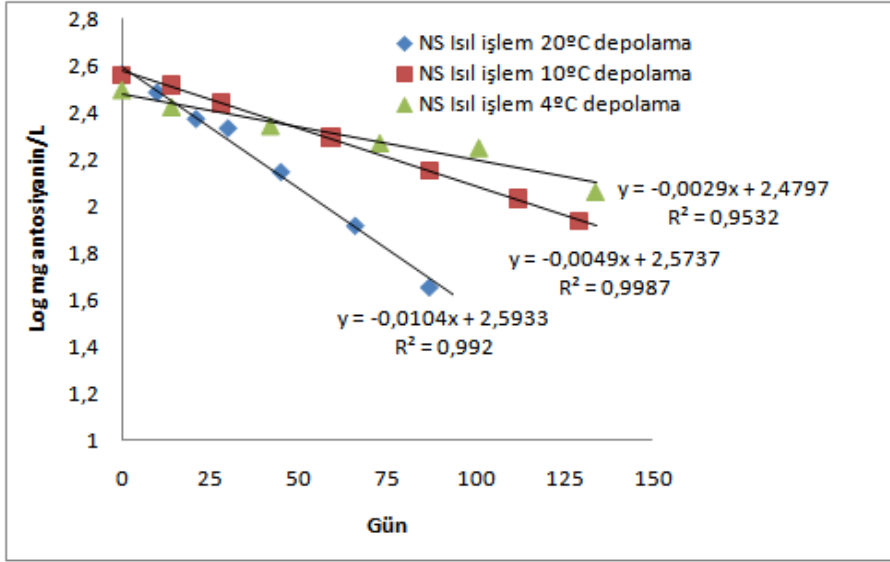
Kontrol grubu, UV-C ve ısıtma işlemi uygulanmış nar suyu örneklerinin 4°C, 10°C ve 20°C’lerde depolanması süresince, antosiyaninlerin degradasyonuna ilişkin birinci derece kinetik parametreler Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de verilen regresyon eğrilerini tanımlayan eşitliklerden yararlanılarak hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.12’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Kontrol grubu nar suyunun farklı sıcaklıklarda depolanması sonucu antosiyaninlerin kayıp düzeyleri.



Şekil 4.15. UV-C uygulanmış nar suyunun farklı sıcaklıklarda depolanması sonucu antosiyaninlerin kayıp düzeyleri.



Şekil 4.16. Isıl işlem uygulanmış nar suyunun farklı sıcaklıklarda depolanması sonucu antosiyaninlerin kayıp düzeyleri.

Çizelge 4.12’de verilen birinci derece kinetik parametreler incelendiğinde, depolama sıcaklığının artışı ile tüm örneklerde antosiyaninlerin parçalanmasının hızlandığı görülmektedir. Örneğin, UV-C uygulanmış nar suyu örneklerine ilişkin hız sabiti (k) değerleri, 4°C, 10°C ve 20°C sıcaklıklarda sırasıyla, 0.0032 gün⁻¹, 0.0048 gün⁻¹ ve 0.0164 gün⁻¹ olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, Alighourchi ve Barzegar (2008) da, nar sularında antosiyaninlerin parçalanmasının depolama sıcaklığının artışına paralel olarak önemli derecede artış gösterdiğini bildirmişlerdir (P>0.05). Depolama süresince antosiyaninlerin parçalanmasındaki artış, aynı zamanda nar sularının doğal yoğun kırmızı renklerinin bozulmasına neden olmaktadır. Nitekim, Turfan (2008)’e göre, yüksek depolama sıcaklıkları nar suyu konsantrelerinde hem antosiyaninlerin parçalanma hızlarını hem de esmer renkli pigmentlerin oluşum hızlarını arttırmaktadır. Bunun dışında, depolama sürecinde, antosiyaninlerin parçalanması üzerine sıcaklık dışında pH, oksijen, askorbik asit ile askorbik asit ve monosakkaritlerin parçalanma ürünleri gibi diğer faktörlerin de etkisi bulunmaktadır (Alighourchi ve Barzegar, 2008).

Diğer yandan nar suyu antosiyaninlerinin parçalanmasına ilişkin yarı ömür süreleri (t_{1/2}) incelendiğinde (Çizelge 4.12), depolama sürecinde nar suyu örneklerindeki antosiyaninlerin, en fazla ısıl işlem uygulamasından etkilendiği görülmektedir. Bununla

birlikte, depolama sürecinde antosiyaninler en iyi kontrol ve UV-C örneklerinde korunmuştur. Bu durum, depolama sırasında kontrol grubu ve UV-C uygulanmış nar suyu örneklerinin mikrobiyolojik olarak stabil olmamalarından kaynaklanabilir.

Çizelge 4.12. Farklı sıcaklıklarda depolanan nar sularında antosiyaninlerin degradasyonuna ilişkin birinci derece kinetik parametreler

Örnek	Sıcaklık (°C)	$-k \times 10^3$ (gün ⁻¹)	$t_{1/2}$ (gün)	R ²
Kontrol	4	2.99	231.82	0.836
	10	3.7	187.34	0.906
	20	12.4	55.90	0.889
UV-C Uygulanmış	4	3.2	216.61	0.827
	10	4.8	144.41	0.830
	20	16.4	42.27	0.837
Isıl İşlem Uygulanmış	4	6.7	103.74	0.953
	10	11.3	61.38	0.999
	20	23.95	28.94	0.992

Hesaplanmış olan determinasyon katsayısı (R²) değerleri incelendiğinde, kontrol grubu örneklerinde R² değerlerinin 0.836-0.906, UV-C uygulanmış örneklerde 0.827-0.837 ve ısıl işlem uygulanmış örneklerde ise 0.953-0.999 arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerler dikkate alındığında, ısıl işlem uygulanmış nar suyu örneklerinde antosiyaninlerin parçalanmasının birinci derece reaksiyon kinetiğine göre gerçekleştiğine dair herhangi bir şüphe bulunmamaktadır. Diğer yandan, kontrol ve UV-C uygulanmış örnekler için hesaplanan R² değerlerinin daha düşük olması nedeniyle, nar suyu örneklerinin depolanması süresince antosiyaninlerin degradasyonuna ilişkin veriler ayrıca “Weibull dağılımı” modeline göre de değerlendirilmiştir. Weibull modeli, hız sabitine (k_a) ilaveten bir şekil parametresi (β) de içermesinden dolayı oldukça esnek bir modeldir (Odriozola-Serrano ve ark., 2009; Tiwari ve ark., 2009d). Diğer yandan, mikrobiyal, enzimatik ve kimyasal parçalanma kinetiklerinin modellenmesinde önemli bir potansiyele sahiptir (Cunha ve ark., 1998).

Çizelge 4.13’de Weibull dağılımı kullanılarak hesaplanan kinetik parametreler ve determinasyon katsayısı (R^2) değerleri görülmektedir. Çizelgede görüldüğü gibi, özellikle kontrol grubu ve UV-C uygulanmış nar suyu örnekleri için saptanan yüksek determinasyon katsayısı ($R^2 > 0.97$) değerlerinden, antosiyaninlerin parçalanmasının birinci derece kinetik modele kıyasla Weibull modeline daha çok uyum gösterdiği anlaşılmaktadır. Literatürde, UV-C uygulanmış meyve sularının depolanması sürecinde antosiyanin kayıplarının modellendiği bir çalışma bulunmamaktadır. Bununla birlikte, minimum düzeyde işlenmiş (freshly-cut) çileklerin 5, 10, 15 ve 20°C sıcaklıklarda depolanmaları sürecinde antosiyaninlerdeki kaybın Weibull dağılımına uyum gösterdiği bildirilmiştir (Odriozola-Serrano ve ark., 2009).

Çizelge 4.13. Weibull dağılımına göre farklı sıcaklıklarda depolanan nar sularında antosiyaninlerin degradasyonuna ilişkin kinetik parametreler

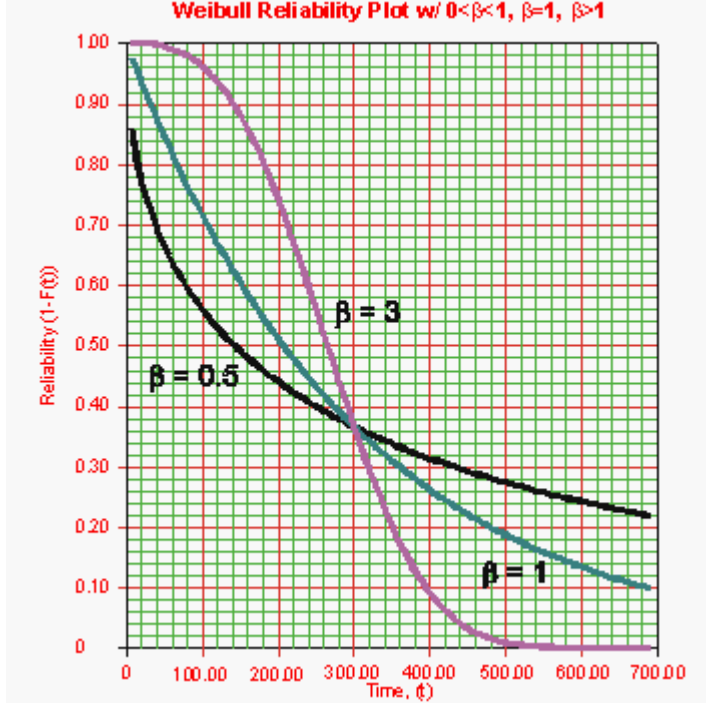
Örnek	Sıcaklık (°C)	k_a (Hız sabiti, gün ⁻¹)	β (Şekil parametresi)	R^2	R^2_{adj}
Kontrol	4	0.0291	0.616	0.980	0.931
	10	0.0131	0.746	0.977	0.918
	20	0.0441	0.410	0.993	0.974
UV-C Uyg.	4	0.0131	0.396	0.999	0.995
	10	0.0461	0.496	0.983	0.942
	20	0.3150	0.514	0.994	0.978
Isıl İşlem Uyg.	4	0.00334	0.735	0.973	0.864
	10	0.00669	0.791	0.9999	0.9997
	20	0.01515	1.337	0.997	0.981

Çizelge 4.13’ de görüldüğü gibi, nar suyu örneklerinde antosiyaninlerin parçalanmasına ilişkin saptanan hız sabiti (k_a) değerleri depolama sıcaklığından etkilenmektedir. Genel olarak depolama sıcaklığı arttıkça, hız sabiti değerleri de artış göstermiştir. Benzer şekilde, minimum düzeyde işlenmiş çileklerin 5-20°C sıcaklıklarda depolanmaları sürecinde antosiyanin kayıplarına ilişkin saptanan Weibull hız sabiti

değerleri (Odrizola-Serrano ve ark., 2009) ile yine minimum düzeyde işlenmiş karpuzların 5-20°C sıcaklıklarda depolanmaları sürecinde antioksidan aktivite ve C vitamini kayıplarına ilişkin saptanan weibull hız sabiti değerleri (Oms-Oliu ve ark., 2009) depolama sıcaklığından benzer şekilde etkilenmiştir.

Weibull dağılımının β parametresi ise, dağılımın şeklini belirleyen ve zamana bağlı olarak parçalanma hızını etkileyen bir parametredir (Şekil 4.17). $\beta < 1$ olduğunda, reaksiyon hızı zamanla azalmakta ve parçalanma eğrisi yukarı doğru dışbükey (upward concavevity) bir şekil almaktadır. $\beta > 1$ olduğunda ise, reaksiyon hızı zamana bağlı olarak artış göstermekte ve parçalanma eğrisi sigmoidal bir şekil almaktadır. Weibull modele özgü bir durum olarak da $\beta = 1$ olduğunda, birinci derece kinetik model gözlenmektedir (Cunha ve ark., 1998; Tiwari ve ark., 2009d; Zheng ve Lu, 2011). Çizelge 4.13'den görüldüğü gibi 4, 10 ve 20°C'lerde depolanan UV-C uygulanmış nar suyu örneklerine ilişkin β değerleri sırasıyla 0.396, 0.496 ve 0.514 olarak saptanmış olup, artan bir trend izlediği görülmektedir. Nitekim, Zheng ve Lu (2011), β değerlerinin sıcaklık ile linear bir ilişkisinin olduğunu bildirmiştir. Dolayısıyla, depolama sıcaklığının artışıyla antosiyaninlerin parçalanma hızı da artmaktadır.

Isıl işlem uygulanmış nar suyu örneklerine ilişkin Weibull parametreleri (k_a ve β) de, UV-C uygulanmış nar sularına benzer şekilde depolama sıcaklıklarından etkilenmiştir. Isıl işlem uygulanmış nar suyu örneklerine ilişkin β değerleri dikkate alındığında, ısıl işlem uygulanmış nar suyu örneklerinin antosiyanin içeriklerinin, depolama sırasında UV-C uygulanmış nar suyu örneklerine göre daha fazla parçalanma eğiliminde olduğu söylenebilir. Nitekim, 4°C depolama sıcaklığında 129 gün sonunda UV-C uygulanmış nar suyu örneklerinin antosiyanin miktarı %40 oranında azalırken, ısıl işlem uygulanmış nar suyu örneklerinin antosiyanin içeriği ise 134 gün sonra %63 oranında azalmıştır. 10°C'de 112 gün depolama sonrasında, UV-C ve ısıl işlem uygulanmış örneklerin antosiyanin miktarlarında sırasıyla, %48 ve %71 oranlarında azalma olduğu tespit edilmiştir. UV-C uygulamasıyla depolama sürecinde nar suyunun antosiyanin içeriklerinin daha iyi korunmuş olması, UV-C uygulanmış nar sularının depolama sırasında mikrobiyolojik olarak stabil olmamalarından kaynaklanabilir.



Şekil 4.18. Şekil parametresinin (β), Weibull grafiği üzerine etkisi (*ReliaSoft Corporation, n.d.*).

Diğer yandan, 4, 10 ve 20°C’lerde depolanan kontrol grubu nar suyu örneklerine ilişkin weibull model parametrelerinin değişiminde, UV-C örneklerinde olduğu gibi benzer bir trend gözlenmemiştir (Çizelge 4.14). Ancak, 20°C’de depolama sonucunda antosiyaninlerin parçalanma hızının, 4 ve 10°C’lerde elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında daha hızlı olduğu weibull parametrelerinden anlaşılmaktadır.

Nar suyu örneklerinde depolama süresince antosiyanin kaybının sıcaklığa bağlılığının belirlenmesi amacıyla aktivasyon enerjisi (E_a) değerleri de hesaplanmıştır. Bu amaçla her iki kinetik modelle elde edilen reaksiyon hız sabitleri kullanılarak Arrhenius grafiği oluşturulmuştur. Arrhenius grafiğinin eğiminden ise, “Bölüm 3.6” da verilen 3.9 nolu eşitlik kullanılarak aktivasyon enerjisi (E_a) değeri hesaplanmıştır. Çizelge 4.14’de Arrhenius grafiği parametreleri ve örneklere ilişkin aktivasyon enerjisi değerleri görülmektedir. UV-C uygulanmış nar suyu örneklerinin E_a değerleri $70.31 \text{ kJ mol}^{-1}$ (birinci derece) ve $133.93 \text{ kJ mol}^{-1}$ (weibull model) olarak belirlenmiş olup, diğer kontrol grubu ve ısıl işlem uygulanmış nar suyu örneklerine göre daha yüksek bulunmuştur. Buradan, UV-C uygulanmış nar suyu örneklerinde antosiyaninlerin parçalanma hızlarının,

hem kontrol grubu hem de ısıtma işlemi uygulanmış nar suyu örneklerine göre sıcaklık değişimlerinden daha fazla etkilendiği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte 4°C–20°C arasında hesaplanan E_a değerlerinin yüksek olmasına bağlı olarak, nar suyu antosiyaninlerinin parçalanma hızlarının sıcaklığa bağlı ve parçalanma reaksiyonunun da sıcaklık artışlarına duyarlı olduğu söylenebilir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Arrhenius Grafiği parametreleri ve aktivasyon enerjisi değerleri

Kinetik Model	Nar Suyu	Arrhenius Grafiğinin Denklemleri	R^2	E_a (kJ mol ⁻¹)
Birinci derece	Kontrol	$y = -7465x + 21.001$	0.936	62.06
	UV-C Uyg.	$y = -8456.8x + 24.693$	0.976	70.31
	Isıl İşlem Uyg.	$y = -6439.1x + 18.251$	0.999	53.54
Weibull Model	Kontrol	$y = 2820.1x - 6.2591$	0.207 (<0.80)	-----
	UV-C Uyg.	$y = -16109x + 53.827$	0.9999	133.93
	Isıl İşlem Uyg.	$y = -7587.9x + 21.734$	0.993	63.09

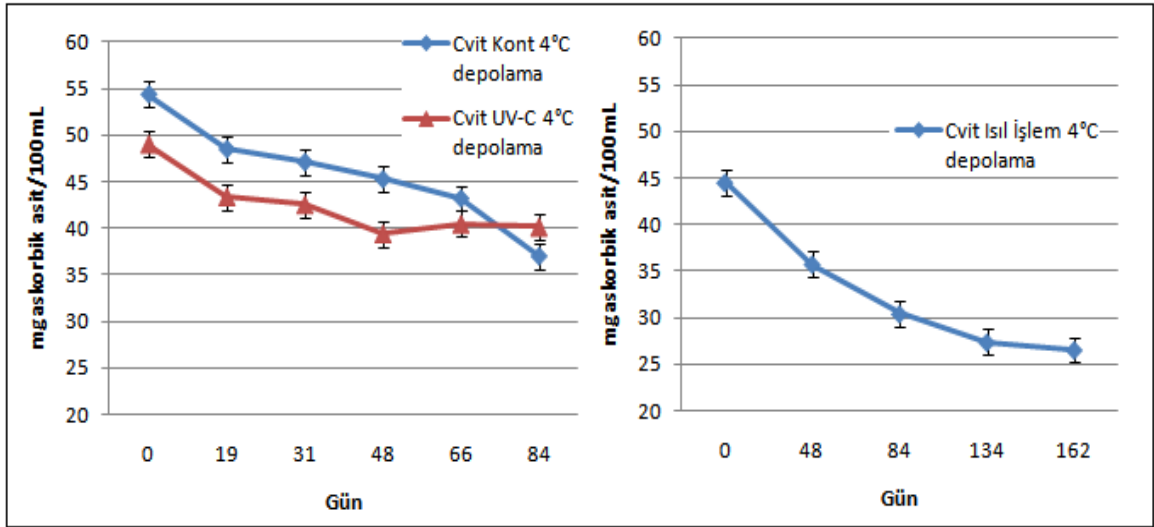
Literatürde, UV-C uygulanmış nar suyu ya da diğer meyve sularının, farklı sıcaklıklarda depolanması sürecinde antosiyanin içeriklerinde meydana gelen değişimlerin modellendiği bir çalışma bulunmadığından, UV-C uygulaması sonucunda antosiyanin parçalanması üzerine depolama sıcaklığının etkisi ilk olarak tarafımızdan ortaya konmuştur.

4.4.3. Depolama Sıcaklığının Portakal Suyunun Askorbik Asit İçeriği Üzerine Etkisi

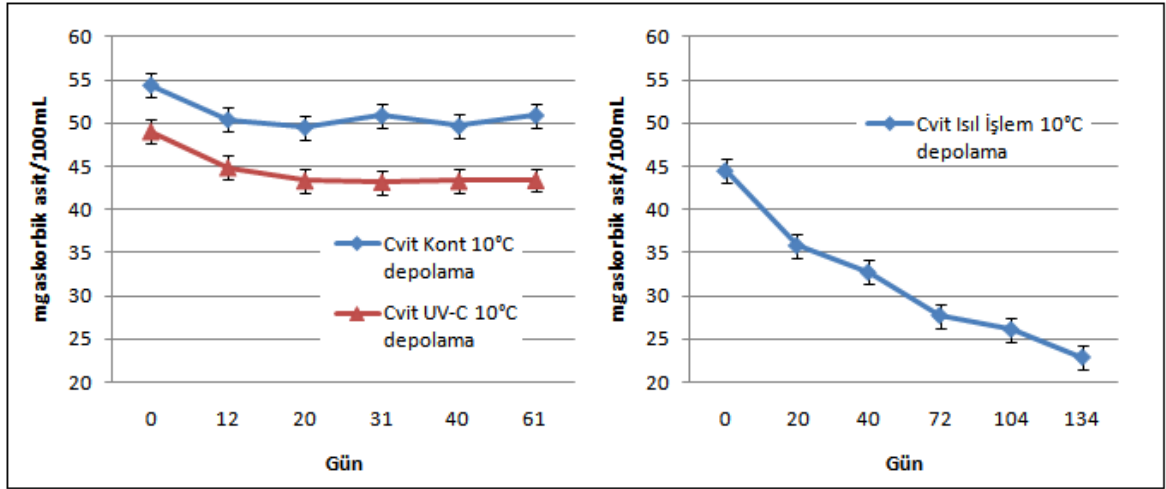
Portakal suyunun besin kalitesi başlıca askorbik asit içeriği ile ilişkilidir. Askorbik asit termolabil bir vitamin olup, ısıtma işlemi ve depolama koşullarından oldukça etkilenmektedir. Depolama süresince meydana gelen askorbik asit parçalanması, portakal suyunun raf ömrünü sınırlayan önemli bir kalite kriteridir (Tiwari ve ark., 2008). Bu nedenle, askorbik asit genellikle portakal suyunun son kullanma tarihinin belirlenmesinde

önemli bir kalite indikatörü olarak kullanılmaktadır (Plaza ve ark., 2006). Depolama sırasında, portakal suyunda askorbik asit parçalanması, başlıca birbirini izleyen ya da paralel olarak devam eden aerobik ve anaerobik olmak üzere 2 yolla gerçekleşmektedir (Polydera ve ark., 2003). Aerobik yolla parçalanma doğrudan ortamda O₂ varlığı ile ilişkili olup, ambalajın tepe boşluğunda ve meyve suyunda çözünmüş halde bulunan O₂'den ve ambalaj materyalinin O₂ geçirgenliğinden kaynaklanmaktadır. Anaerobik yolla parçalanma ise, başlıca depolama sıcaklığı ile bağlantılıdır. Düşük sıcaklıkta depolama ile askorbik asitin parçalanma hızı azaltılabilir (Manso, 2000).

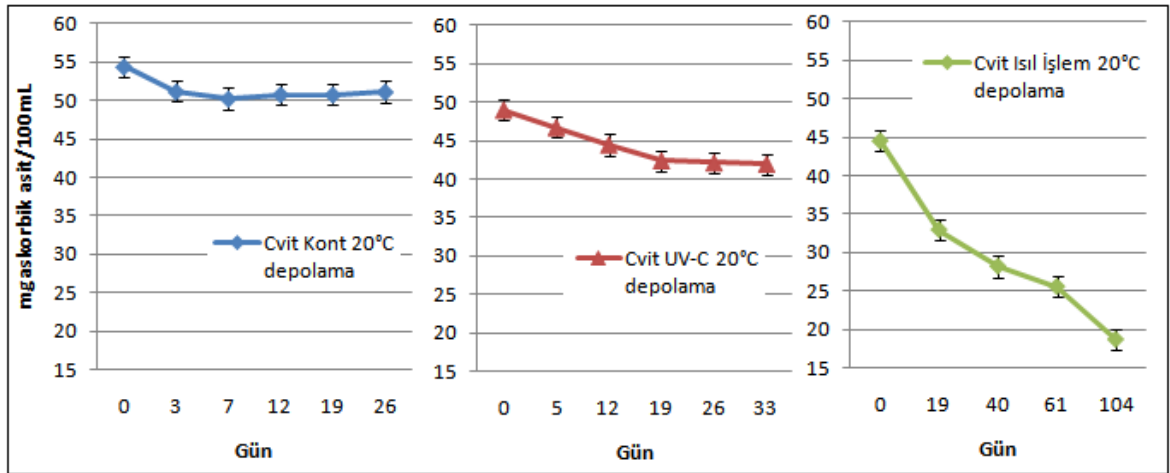
Kontrol grubu, UV-C (4 geçiş) ve ısıl işlem uygulanmış portakal suyu örneklerinin 4, 10 ve 20°C'de depolanmaları sürecinde askorbik asit (C vitamini) içeriklerinde meydana gelen azalmalar Şekil 4.19, 4.20 ve 4.21'da görülmektedir.



Şekil 4.19. Kontrol, UV-C ve ısıl işlem uygulanmış portakal sularının 4°C' de depolanması sonucu askorbik asitin kayıp düzeyleri.



Şekil 4.20. Kontrol, UV-C ve ısı işlem uygulanmış portakal sularının 10°C’ de depolanması sonucu askorbik asitin kayıp düzeyleri.



Şekil 4.21. Kontrol, UV-C ve ısı işlem uygulanmış portakal sularının 20°C’ de depolanması sonucu askorbik asitin kayıp düzeyleri.

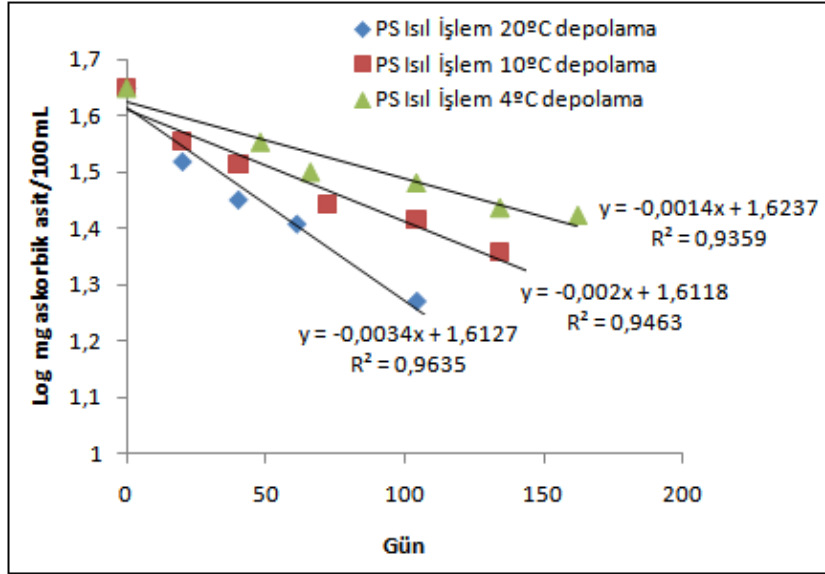
Şekil 4.19, 4.20 ve 4.21’de görüldüğü gibi, kontrol grubu ve UV-C uygulanmış portakal sularının askorbik asit değerlerinde, depolama süresine bağlı olarak ısı işlem görmüş portakal suyunun askorbik asit değerlerinde olduğu gibi düzenli bir azalış meydana gelmemiştir. Bu durum, kontrol grubu ve UV-C uygulanmış portakal sularında mikrobiyal faaliyetin devam etmesinden kaynaklanabilir. 4°C sıcaklıkta 66 gün depolama sonrasında kontrol grubu ve UV-C uygulanmış portakal suyu örneklerinin askorbik asit miktarlarında sırasıyla, % 20.6 ve %17.4’lük bir azalma gerçekleşirken (Şekil 4.19), 10°C sıcaklıkta 61

gün depolanan örneklerde ise sırasıyla, %6.4 ve %11.4'lük bir azalış (Şekil 4.20) gerçekleşmiştir. Bununla birlikte, 20°C'de 19 gün depolanan kontrol grubu ve UV-C uygulanmış örneklerin askorbik asit içeriklerinde de sırasıyla, %6.7 ve %14 düzeyinde azalma olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.21). Diğer yandan, depolama sıcaklığının artışı ile birlikte özellikle ısıl işlem görmüş portakal suyu örneklerinde askorbik asit kaybı belirgin bir şekilde artış göstermiştir. Nitekim, 44.5±1.37 mg/100 mL olan başlangıç askorbik asit değeri, 20 °C'de 104 gün depolama sonunda 18.6 ±1.37 mg/100 mL değerine, 10°C'de 134 gün sonunda 22.82±1.37 mg/100 mL değerine ve 4°C'de 162 gün sonunda ise 26.52±1.37 mg/100 mL değerlerine düşmüştür. Avrupa Birliği Meyve Suyu Endüstrisi Derneğine (AIJN-Association of the Industry of Juices and Nectars) göre, portakal suyunun askorbik asit içeriğinin, son kullanma tarihinde "20 mg/100 mL portakal suyu" değerinden daha fazla olması gerekmektedir (Polydrea ve ark., 2003). Benzer şekilde, USDA (United States Recommended Daily Allowances), portakal suyunun askorbik asit içeriğinin son kullanma tarihinde en az 25 mg/100 mL olması gerektiğini bildirmektedir (Tiwari ve ark., 2009d). Bu askorbik asit düzeyleri, portakal suyunun raf ömrünün tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. Bu bakımdan ısıl işlem görmüş portakal suyunun askorbik asit içeriği, 20°C'de 104 gün depolama sonunda, AIJN tarafından bildirilen sınır değerinin altında kalmıştır. 4 ve 10°C'de depolanan ısıl işlem görmüş portakal sularının askorbik asit içerikleri de sırasıyla, 162 gün ve 134 gün depolama sonunda bu sınır değerlere ulaşmıştır. Bununla birlikte, UV-C uygulanmış portakal suyu örneklerinin askorbik asit içerikleri bu sınır değerlere ulaşmadan ürünlerin mikrobiyolojik olarak bozulmaları söz konusudur.

Kontrol grubu, 4 geçiş UV-C ve ısıl işlem uygulanmış portakal suyu örneklerinin 4, 10 ve 20°C'de depolanmaları sürecinde askorbik asit içeriklerinde meydana gelen değişimler uygun bir matematiksel eşitlikten yararlanılarak kinetik olarak modellenmeye çalışılmıştır. Isıl işlem uygulanmış portakal sularının askorbik asit içeriklerinde meydana gelen değişimler, birinci derece kinetik model ile ($R^2 > 0.93$) açıklanmıştır. Nitekim, daha önce yapılan pekçok çalışmada da portakal suyu ve konsantrelerinde askorbik asitin depolama sürecinde birinci derede reaksiyon kinetiğine uygun olarak parçalandığı bildirilmiştir (Lee ve Chen, 1998; Polydera ve ark., 2003; Polydera ve ark., 2005; Zanoni ve ark., 2005; Burdurlu ve ark., 2006; Tiwari ve ark., 2009d). Diğer yandan, elde edilen düşük determinasyon katsayıları ($R^2 < 0.80$) nedeniyle, kontrol grubu ve UV-C uygulanmış

portakal suyu örneklerine ilişkin askorbik asit kayıpları kinetik olarak değerlendirilememiştir.

Isıl işlem uygulanmış portakal suyu örneklerinin 4, 10 ve 20°C’lerde depolanması süresince, askorbik asit kaybına ilişkin birinci derece kinetik parametreler, Şekil 4.22’de görülen regresyon eğrilerini tanımlayan eşitlikler yardımıyla hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.15’ de verilmiştir.



Şekil 4.22. 4, 10 ve 20°C’de depolanmış ısıl işlem görmüş portakal suyu örneklerinde askorbik asitin logaritmik değişimi.

Yarı ömür süresi ($t_{1/2}$), portakal suyunun raf ömrünün tahmin edilmesinde büyük öneme sahip kinetik parametrelerden biridir. Bu değer, depolama süresince sıcaklığa bağlı olarak askorbik asitin %50’sinin parçalandığı zaman birimini ifade etmektedir. Isıl işlem görmüş portakal suyu örneklerinin 4, 10 ve 20°C’lerde depolanması sırasında askorbik asit kaybına ilişkin yarı ömür süreleri sırasıyla 30.7, 21.5 ve 12.6 hafta olarak saptanmıştır (Çizelge 4.15). Bu değerler, depolama sıcaklığı arttıkça portakal suyunda bulunan askorbik asitin parçalanma hızının da arttığını göstermektedir. Belirlenen bu yarı ömür süreleri sonunda portakal sularının askorbik asit düzeyi 22.25 mg/100 mL’ye (başlangıç askorbik asit içeriği 44.5±1.37 mg/100 mL) düşecektir. Bu değer, AIJN tarafından bildirilen sınır değerine (20 mg/100 mL) çok yakın olup, aynı zamanda bu yarı ömür sürelerinin ısıl işlem görmüş portakal sularının bu sıcaklıklardaki raf ömrü sürelerini de yansıtmakta olduğu

anlaşılmaktadır. Diğer yandan, Polydera ve ark. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada, ısıtılmış portakal sularının 5, 10 ve 15°C’lerde 40 gün depolanması süresince askorbik asit kaybına ilişkin yarı ömür süreleri sırasıyla, 5.3, 4.3 ve 2.2 hafta olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.15. Farklı sıcaklıklarda depolanan, ısıtılmış portakal sularında askorbik asitin degradasyonuna ilişkin kinetik parametreler

Sıcaklık (°C)	$-k \times 10^3$ (Hız Sabiti, gün ⁻¹)	R ²	t _{1/2} (hafta)
4	3.224	0.936	30.7
10	4.606	0.946	21.5
20	7.830	0.964	12.6

Isıtılmış portakal suyu örneklerinde farklı sıcaklıklarda depolama süresince askorbik asit kaybının sıcaklığa bağlılığının belirlenmesi amacıyla, saptanmış olan reaksiyon hız sabiti değerleri kullanılarak Arrhenius grafiği oluşturulmuştur. Arrhenius grafiğinin denkleminin eğimi kullanılarak da aktivasyon enerjisi (E_a) değeri, 35.013 kJ mol⁻¹ (R²=0.999) olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde, Polydera ve ark. (2003), ısıtılmış portakal sularının 5, 10 ve 15°C’lerde 40 gün depolanması süresince askorbik asit kaybına ilişkin aktivasyon enerjisi değerini 43.8 kJ/mol (R²= 0.890) olarak belirlemişlerdir.

BÖLÜM 5**SONUÇ VE ÖNERİLER**

Bu çalışma kapsamında, sağlık açısından önemli biyoaktif bileşenleri içeren nar ve portakal sularının raf ömürlerinin artırılması amacıyla, ısıl işleme alternatif olarak farklı dozlarda UV-C uygulanmıştır. Bu uygulamanın, söz konusu meyve sularının çeşitli kalite özellikleri (mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşsal özellikler) ile depolama stabilitesi üzerine etkileri ortaya konmuştur.

Gentra Ltd. Firması (İstanbul) tarafından geliştirilen mevcut UV-C reaktörü, hem nar hem de portakal suyu için, FDA tarafından öngörülen “hedef patojende 5 log azalma” performans kriterinin yeterli düzeyde sağlanmasında başarılı olmuştur. Bununla birlikte, nar suyuna UV-C uygulaması ile toplam canlı ve maya-küf sayısında gerçekleştirilen inaktivasyonlar sonucunda, kontrol grubuna göre UV-C uygulanmış nar sularının raf ömürleri önemli düzeyde arttırılmıştır. Portakal suyunda ise UV-C reaktörden 4 geçiş sonrasında toplam canlı sayısında %91’lik bir azalma sağlanmasına karşın, maya-küf sayısında sadece %20.2 oranında bir azalma gerçekleşmiştir. Bu açıdan başlangıç mikrobiyal yükü Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliğine (Tebliğ No 2001/19) göre sınır değerlerde bulunan kontrol grubu portakal suyunun raf ömrü, özellikle 4°C sıcaklıkta depolama koşullarında 9 güne uzatılmıştır. Diğer yandan, UV-C uygulaması ile her iki meyve suyunda da ısıl işlem uygulaması ile sağlanan mikrobiyal inaktivasyon ve depolama stabilitesi sağlanamamıştır.

Çalışmada elde edilen fiziko-kimyasal analiz sonuçlarına göre, UV-C uygulaması ile nar suyunun kendine özgü renginden sorumlu önemli bir kalite kriteri olan antosiyanin pigmentleri ısıl işlem uygulamasına göre daha iyi korunmuş olup, esmer renkli polimerik pigmentlerin oluşumu da en az düzeyde kalmıştır. Benzer şekilde, taze portakal suyunun da önemli bir kalite kriteri olan askorbik asit içeriği UV-C uygulaması ile ısıl işlem uygulamasına göre daha iyi korunmuştur. Bununla birlikte, hem nar sularının hem de portakal sularının fenolik bileşenleri, antioksidan aktivitesi ve bazı fiziko-kimyasal özellikleri (pH, briks, TA, organik asitler) de UV-C uygulamasıyla korunmuştur.

Tüketici tercihi bakımından, taze nar ve portakal suları en yüksek puanı alarak ilk sırada yer almıştır. Taze meyve sularını, UV-C uygulanmış ürünler takip etmiştir. Bununla birlikte, üçgen testi sonucunda panelistler, taze ve UV-C uygulanmış meyve suyu

örneklerini birbirlerinden ayıramamışlardır. Isıl işlem görmüş nar ve portakal suları ise tat ve aroma bakımından, UV-C uygulanmış meyve suyu örneklerinden sonra 3. sırada tercih edilmişlerdir. Bu sonuçlardan, meyve sularına uygulanan UV-C dozunun daha da artırılması sonucunda oluşabilecek tat ve aroma kayıplarının da artmasının muhtemel olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, UV-C uygulamasının, meyve sularının aroma bileşenleri üzerine etkisi, hala ortaya konulmamış bir konu olup, bu alan araştırmaya açık bir konudur.

Depolama çalışmaları sonucunda, genel olarak tüm sıcaklıklarda nar sularının antosiyanin miktarlarındaki değişimler, yüksek determinasyon katsayıları ($R^2 > 0.80$) nedeniyle birinci derece kinetik model (first-order) ve Weibull dağılımı kullanılarak incelenmiştir. Buradan, depolama süresince, nar suyundaki antosiyaninlerin en fazla ısıl işlem uygulamasından etkilendiği, buna karşın kontrol ve UV-C örneklerinde antosiyaninlerin daha düşük hızda parçalandığı saptanmıştır. Diğer yandan, UV-C uygulanmış portakal sularının depolanmaları sırasında mikrobiyolojik raf ömürlerinin oldukça kısa olması nedeniyle, askorbik asit içerikleri ısıl işlem uygulanmış örneklerle göre daha yüksek düzeyde kalmıştır.

Genel olarak bu araştırma kapsamında elde edilen sonuçlardan, UV-C ışınlama teknolojisinin meyve sularının taze özelliklerinin korunmasında ısıl işleme göre daha etkin bir yöntem olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, ısıl işlemin sağladığı yüksek mikrobiyal stabiliteye ulaşamadığı da açıktır. Diğer yandan, ısıl işlem uygulamasının üstün bir mikrobiyal stabilite sağlaması, bu stabilitenin ısıl işlem görmüş meyve sularının raf ömrünün belirlenmesinde öncelikli bir kriter olması anlamına gelmemektedir. Isıl işlem uygulanmış meyve sularının raf ömürleri, depolama sırasında sıcaklığa bağlı olarak nar sularında antosiyanin kayıpları ve portakal suyunda askorbik asit kaybı gibi besin kayıpları nedeniyle oldukça kısalmaktadır. Nitekim 20°C'de 28 gün depolama sonucunda, ısıl işlem görmüş nar sularının antosiyanin içeriklerinin %50'si parçalanmaktadır. Benzer şekilde, ısıl işlem görmüş portakal suyunun askorbik asit içeriği, 20°C'de 104 gün depolama sonunda, AIJN tarafından bildirilen sınır değerinin altına düşmüştür. Bu nedenle, bu yeni teknolojinin, meyve sularının taze özelliklerinin korunması, patojen bakterilerin inaktivasyonunda başarılı olması, meyve sularının başlangıç mikrobiyal yükünü etkin bir şekilde azaltması ve soğuk zincir koşullarında meyve sularının mikrobiyolojik

stabilitelerinin taze ürüne göre daha uzun süre korunabilmesi yönlerinden ısıt işleme alternatif olabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, ısıt olmayan bir muhafaza tekniği olan UV-C ışınlama teknolojisi, meyve suyunun mikrobiyal kalitesi ile eş zamanlı olarak besinsel ve duyusal kalitesini de garanti altına almalıdır. Bu açıdan bakıldığında: (1) Endüstriyel çaplı ve bilgisayar temelli yeni UV-C reaktörlerinin geliştirilmesine, (2) Meyve sularına UV uygulanması sırasında mikrobiyal inaktivasyonun en yüksek düzeyde, fiziko-kimyasal kalite kriterleri ile aroma bileşenlerindeki kayıpların ve istenmeyen lezzet oluşumu gibi durumların ise en az düzeyde sağlandığı UV-C dozlarının belirlenmesine, (3) Hem bu araştırmada söz konusu olan meyve sularının ve hem de diğer meyve sularında optimizasyonunu içeren ileri düzeyde araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abd-Ghafar, M. F., Prasad, K. N., Weng, K. K. ve Ismail, A. 2010. Flavonoid, hesperidine, total phenolic contents and antioxidant activities from *Citrus* species. *African Journal of Biotechnology*, 9 (3): 326-330.
- Adhikari, C., Koutchma, T. ve Beecham-Bowden, T. 2005. Evaluation of HHEVC (4, 40, 400-tris-di-B-hydroxyethyl aminotriphenylacetoneitrile) dye as a chemical actinometer in model buffers for UV treatment of apple juice and cider. *LWT(Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie)-Food Science and Technology*, 38: 717-725.
- Aksay, S. ve Bobuş, G. 2009. *E. coli* (O157:H7) aşılannmış nar sularında UV ışınlama ve ısıl pastörizasyon işlemlerinin *E. coli* sayısı, antosiyanin ve antioksidan kapasiteye etkileri. Türkiye 6. Gıda Mühendisliği Kongresi, 6-8 Kasım, Antalya, 685-688.
- Alighourchi, H., Barzegar, M. ve 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. ve Barzegar, M. 2009. Some physicochemical characteristics and degradation kinetic of anthocyanin of reconstituted pomegranate juice during storage. *Journal of Food Engineering*, 90: 179-185.
- AOAC, 2000. Microbiological Methods. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, Volume I, 17th Edition, USA.
- Arts, M.J.T.J., Haenen, G.R.M.M., Voss, H.P. ve Bast, A. 2001. Masking of antioxidant capacity by the interaction of flavonoids with protein. *Food and Chemical Toxicology*, 39: 787-791.
- Aviram, M., Dornfeld, L., Rosenblat, M., Volkova, N., Kaplan, M., Coleman, R., T., Hayek, Presser, D. ve Fuhrman, B. 2000. Pomegranate juice consumption reduces oxidative stress, atherogenic modifications to LDL, and platelet aggregation: studies in humans and in atherosclerotic apolipoprotein E-deficient mice^{1,2}. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71: 1062-76.

- Bakowska, A., Kucharska, A.Z. ve 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.
- Begum, M., Hocking, A.D. ve Miskelly, D. 2009. Inactivation of food spoilage fungi by ultra violet (UV-C) irradiation. *International Journal of Food Microbiology*, 129: 74-77.
- Borochoy-Neori, H., Judeinstein, S., Tripler, E., Harari, M., Greenberg, A., Shomer, I. ve Holland, D. 2009. Seasonal and cultivar variations in antioxidant and sensory quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22: 189–195.
- Burdurlu, H.S., Koca, N. ve Karadeniz, F. 2006. Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *Journal of Food Engineering*, 74 (2): 211-216.
- Caminiti, I.M., Palgan, I., Muñoz, A., Noci, F., Whyte, P., Morgan, D.J., Cronin, D.A. ve Lyng, J.G. 2010. The effect of ultraviolet light on microbial inactivation and quality attributes of apple juice. *Food and Bioprocess Technology*, DOI 10.1007/s11947-010-0365-x.
- Caminiti, I.M., Noci, F., Muñoz, A., Whyte, P., Morgan, D.J., Cronin, D.A. ve Lyng, J.G. 2011. Impact of selected combinations of non-thermal processing technologies on the quality of an apple and cranberry juice blend. *Food Chemistry*, 124 (4): 1387-1392.
- Cemeroğlu, B. 2010. Gıda Analizlerinde Genel Yöntemler. Cemeroğlu B., Ed. *Gıda Analizleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 34, Bizim Grup Basımevi, Ankara, 1–86.
- Corradini, M.G. ve Peleg, M. 2004. A model of non-isothermal degradation of nutrients, pigments and enzymes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84 (3): 217-226.

- Cunha, L.M., Oliveira, F.A.R. ve Oliveira, J.C. 1998. Optimal experimental design for estimating the kinetic parameters of processes described by the Weibull probability distribution function. *Journal of Food Engineering*, 37: 175-191.
- Deak, T. ve Beuchat, L.R. 1993. Yeasts associated with fruit juice concentrates. *Journal of Food Protection*, 56 (9): 777-782.
- Donahue, D.W., Canitez, N. ve Bushway, A.A. 2004. UV inactivation of *E. coli* O157:H7 in apple cider: Quality, sensory and shelf-life Analysis. *Journal of Food Processing and Preservation*, 28: 368–387.
- Durst, R.W. ve Wrolstad, R.E. 2001. Unit F1.3: Anthocyanins: Separation and Characterization of Anthocyanins by HPLC. In: Wrolstad, R. E., Eds. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. John Wiley and Sons, New York. 1-13.
- Ekşi, A. ve Özhamamcı, İ. 2009. Chemical composition and guide values of pomegranate juice. *Gıda*, 34 (5): 265-270.
- Engin, F.B. 2009. Ultraviyole ışınları ve ultrasound uygulamalarının sütün aroma-aktif bileşenleri ve mikroorganizma yükü üzerine etkisi. Yüksek Lisans tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilimdalı, Çanakkale.
- Erkmen, O. ve Doğan, C. 2004. Kinetic analysis of *Escherichia coli* inactivation by High Hydrostatic Pressure (HHP) in broth and foods. *Food Microbiology*, 21: 181-185.
- Everitt, B.S. 1995. The analysis of repeated measures: a practical review with examples. *Statistician*, 44: 113-135.
- Falguera, V., Pagan, J. ve Ibarz, A. 2011. Effect of UV irradiation on enzymatic activities and physicochemical properties of apple juices from different varieties. *LWT (Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie)- Food Science and Technology*, 44: 115-119.

- Fan, X. ve Geveke, D.J. 2007. Furan formation in sugar solution and apple cider upon ultraviolet treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 7816-7821.
- Forney, L.J., Pierson, J.A. ve Andz, Y.E. 2004. Juice irradiation with Taylor-Couette flow: UV inactivation of *Escherichia coli*. *Journal of Food Protection*, 67 (11): 2410-2415.
- Forney, L.J., Ye, Z. ve Koutchma, T. 2008. UV Disinfection of *E. coli* between concentric cylinders: Effects of the boundary layer and a wavy wall. *Ozone: Science and Engineering*, 30: 405–412.
- Franz, C.M.A.P., Specht, I., Cho, G.S., Graef, V. ve Stahl, M.R. 2009. UV-C-inactivation of microorganisms in naturally cloudy apple juice using novel inactivation equipment based on Dean vortex technology. *Food Control*, 20: 1103-1107.
- Fredericks, I.N., du Toit, M. ve Krügel, M. 2010. Efficacy of ultraviolet radiation as an alternative technology to inactivate microorganisms in grape juices and wines. *Food Microbiology*, DOI:10.1016/j.fm.2010.10.018.
- Fuleki, T. ve Francis FJ. 1968. Quantitative methods for anthocyanins. 2. Determination of total anthocyanin and degradation index for cranberry juice. *Journal of Food Science*, 33: 78-82.
- Gabriel, A.A. ve Nakano, H. 2009. Inactivation of *Salmonella*, *E. coli* and *Listeria monocytogenes* in phosphate-buffered saline and apple juice by ultraviolet and heat treatments. *Food Control*, 20: 443–446.
- Gachovska, T.K., Kumar, S., Thippareddi, H., Subbiah, J. ve Williams, F. 2008. Ultraviolet and Pulsed Electric Field treatments have additive effect on inactivation of *E. coli* in apple juice. *Journal of Food Science*, 73(9): 412-417.
- Geveke, D.J. 2008. UV Inactivation of *E. coli* in liquid egg white. *Food and Bioprocess Technology*, 1: 201-206.

- Gil, M.I., Tomas-Barberan, F.A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D.M. ve Kader, A.A. 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 48: 4581-4589.
- Giusti, M.M. ve Wrolstad, R.E. 2001. Unit F1.2. Anthocyanins. Characterization and measurement with UV-visible spectroscopy. In: RE Wrolstad, SJ Schwartz, Eds. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. John Wiley & Sons, New York. 1-13.
- Gomez-Lopez, V.M., Ragaert, P., Debevere, J. ve Devlieghere, F. 2007. Pulsed light for food decontamination: A review. *Trends in Food Science and Technoogy*, 18: 464–473.
- Gorinstein, S., Huang, D., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Yamamoto, K., Soliva-Fortuny, R., Martin Belloso, O., Martinez Ayala, A. L. ve Trakhtenberg, S. 2006. Determination of naringin and hesperidin in citrus fruit by High-Performance Liquid Chromatography. The Antioxidant Potential of Citrus Fruit. *Acta Chromatographica*, 17: 109-124.
- Guerrero-Beltrán, J.A. ve Barbosa-Cánovas, G.V., 2004. Advantages and limitations on processing foods by UV light. *Food Science and Technology International*, 10: 137-147.
- Guerrero-Beltrán, J.A. ve Barbosa-Cánovas, G.V. 2005. Reduction of *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in apple juice by Ultraviolet Light. *Journal of Food Process Engineering*, 28: 437-452.
- Guerrero-Beltran, J.A. ve Barbosa-Canovas, G.V. 2006. Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* and polyphenoloxidase in mango nectar treated with UV light. *Journal of Food Protection*, 69 (2): 362-368.
- Guerrero-Beltrán, J.A., Velti-Chanes, J. ve Barbosa-Cánovas, G.V. 2009. Ultraviolet-C light processing of grape, cranberry and grapefruit juices to inactivate *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Food Process Engineering*, DOI:10.1111/j.1745-4530.2008.00253.x.

- Herring, D., (2010). *DNA UV mutation*, Retrieved January 28, 2011, from http://commons.wikimedia.org/wiki/File:DNA_UV_mutation.gif
- Jennrich, R.I. ve Schluchter, M.D. 1986. Unbalanced repeated measures models with structured covariance matrices. *Biometrics*, 42: 805-820.
- Kelebek, H. ve Canbaş, A. 2010. Hicaz narı şırasının organik asit şeker ve fenol bileşikleri içeriği ve antioksidan kapasitesi. *Gıda*, 35 (6): 439-444.
- Keyser, M., Müller, I.A., Cilliers, F.P., Nel, W. ve Gouws, P.A. 2008. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9: 348–354.
- Khan, S. A. 2009. The role of pomegranate (*Punica granatum L.*) in colon cancer. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 22: 346-348.
- Kırca, A. ve Cemeroglu, B., 2003. Degradation kinetics of anthocyanins in blood orange juice and concentrate. *Food Chemistry*, 81: 583-587.
- Kırca, A., Ozkan, M. ve Cemeroglu, B., 2007. Effects of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins. *Food Chemistry*, 101: 212–218.
- Koutchma, T., Keller, S., Chirtel, S. ve Parisi, B. 2004. Ultraviolet disinfection of juice products in laminar and turbulent flow reactor. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 5: 179-189.
- Koutchma, T., Parisi, B. ve Patazca, E. 2007. Validation of UV coiled tube reactor for fresh juices. *Environmental Engineering Science*, 6: 319-328.
- Koutchma, T. 2008. UV light for processing foods. *Ozone: Science and Engineering*, 30: 93-98.
- Koutchma, T. 2009. Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods. *Food and Bioprocess Technology*, 2: 138-155.
- Koutchma, T., Forney, L.J. ve Moraru, C.I. 2009. Chapter 5. UV Processing Effects on Quality of Foods. *Ultraviolet Light in Food Technology: Principles and Applications*. CRC Pres, Taylor and Francis Group, USA.

- Labuza, T.P. 1984. Application of chemical kinetics to deterioration of foods. *Journal of Chemical Education*, 61: 348-358.
- Lansky, E.P. ve Newman, R.A. 2007. *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *Journal of Ethnopharmacology*, 109: 177–206.
- Lee, H.S. ve Chen, C.S. 1998. Rates of Vitamin C loss and discoloration in clear orange juice concentrate during storage at temperatures of 4-24 °C. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 4723-4727.
- Lee, H.S. ve Coates, G.A. 1999. Vitamin C in frozen, fresh squeezed, unpasteurized, polyethylene-bottled orange juice: A storage study. *Food Chemistry*, 65: 165–168.
- Lee, J., Rennaker, C. ve Wrolstad, R.E. 2008. Correlation of two anthocyanin quantification methods:HPLC and spectrophotometric methods. *Food Chemistry*, 110: 782-786.
- Lopez-Gomez, A., Ros-Chumillas, M. ve Belisario-Sanchez, Y.Y. 2010. Chapter 10. Packaging and Shelf Life of Orange Juice. In: Gordon L Robertson, Ed. *Food Packaging and Shelf Life A Practical Guide*. CRC Press, e-Book ISBN: 978-1-4200-7845-9, 179-198.
- Lopez-Rubira, V., Conesa, A., Allende, A. ve Artés, 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 (2): 174-185.
- Malik, A., Afaq, F., Sarfaraz, S., Adhami, V.M., Syed, D.N. ve Mukhtar, H. 2005. Pomegranate fruit juice for chemoprevention and chemotherapy of prostate cancer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102: 14813-14818.
- Manso, M. C. 2000. Mathematical modelling of shelf life limiting factors during storage of orange juice. PhD Dissertation (Doktora Tezi). Universidade Católica Portuguesa, Portuguesa.

- Marti, N., Perz-Vicente A. ve Garcia-Viguera C. 2001. Influence of storage temperature and ascorbic acid addition on pomegranate juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 217-221.
- Matak, K. E. 2004. Effects of UV irradiation on the reduction of bacterial pathogens and chemical indicators of milk. PhD Dissertation (Doktora Tezi). Virginia Polytechnic Institute and State University, Blackburg, Virginia.
- Meilgaard, M., Civille, G.V. ve Carr, B.T. 1999. Affective Tests: Consumer Tests and In-House Panel Acceptance Tests. In: *Sensory Evaluation Techniques*. 3rd ed. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL. 231-263.
- Miguel, G., Dandlen, S., Antunes, D., Neves, A. ve Martins, D. 2004. The effect of two methods of pomegranate (*Punica granatum* L) juice extraction on quality during storage at 4°C. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 5: 332–337.
- Montgomery, J.M. 1985. *Water treatment: Principles and design*, John Wiley, New York, 36–61.
- Moody, V. 2003. Thermal inactivation kinetics of *Escherichia coli* and *Alicyclobacillus acidoterrestris* in orange juice. PhD Dissertation (Doktora Tezi). University of Florida, USA.
- Murakami, E.G., Jackson, L., Madsen, K. ve Schickedanz, B. 2006. Factors affecting the ultraviolet inactivation of *Escherichia Coli* K12 in apple juice and a model system. *Journal of Food Process Engineering*, 29: 53–71.
- National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods (NACMCF) 2006. Supplement requisite scientific parameters for establishing the equivalence of alternative methods of pasteurization. *Journal of Food Protection*, 69: 1190-1216.
- Ngadi, M., Smith, J.P. ve Cayouette, B. 2003. Kinetics of ultraviolet light inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 in liquid foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 1551-1555.

- Noci, F., Riener, J., Walkling-Ribeiro, M., Cronin, D.A., Morgan, D.J. ve 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.
- Nour, V., Trandafir, I. ve Ionica, M.E. 2010. HPLC Organic acid analysis in different citrus juices under reversed phase conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38 (1): 44-48.
- Odrozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R., Gimeno-Ano, V. ve Martín-Belloso, O. 2008. Kinetic study of anthocyanins, vitamin C and antioxidant capacity in strawberry juices treated by High-Intensity Pulsed Electric Fields. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 8387-8393.
- Odrozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R. ve Martín-Belloso, O. 2009. Influence of storage temperature on the kinetics of the changes in anthocyanins, vitamin C and antioxidant capacity in fresh-cut strawberries stored under high oxygen atmospheres. *Journal of Food Science*, 74 (2): 184-191.
- Oms-Oliu, G., Odrozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R. ve Martín-Belloso, O. 2009. Use of Weibull distribution for describing kinetics of antioxidant potential changes in fresh-cut watermelon. *Journal of Food Engineering*, 95 (1): 99-105.
- Oteiza, J.M., Giannuzzi, L. ve Zaritzky, N. 2009. Ultraviolet treatment of orange juice to inactivate *Escherichia coli* O157:H7 as affected by native microflora. *Food Bioprocess Technology*, DOI: 10.1007/s11947-009-0194-y.
- Özkan M., Yemenicioğlu A., Asefi N. ve Cemeroğlu B. 2002. Degradation kinetics of anthocyanins from sour cherry, pomegranate and strawberry juices by hydrogen peroxide. *Journal of Food Science*, 67 (2): 525-529.
- Özkan, M., Cemeroğlu, B. ve Kırca Toklucu, A. 2010. Gıda Mühendisliğinde Reaksiyon Kinetiği. Gıda Teknolojisi Yayınları Derneği No:42, Ankara.
- Patil, S., Bourke, P., Frias, J.M., Tiwari, B.K. ve Cullen, P.J., 2009. Inactivation of *Escherichia coli* in orange juice using ozone. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10 (4): 551-557.

- Patil, S., Valdramidis, V. P., Tiwari, B. K., Cullen, P. J. ve Bourke, P. 2011. Quantitative assessment of the shelf life of ozonated apple juice. *The Journal European Food Research and Technology*, DOI 10.1007/s00217-010-1416-2.
- Patras, A., Brunton, N.P., O'Donnell, C. ve Tiwari, B.K. 2010. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science & Technology*., 21: 3-11.
- Pereira, V.J., Weinberg, H.S., Linden, K.G. ve Singer, P.C. 2007. UV degradation kinetics and modeling of pharmaceutical compounds in laboratory grade and surface water via direct and indirect photolysis at 254 nm. *Environmental Science & Technology*, 41: 1682-1688.
- Plaza, L., Sanchez-Moreno, C., Elez-Martinez, P., Ancos, B., Martin-Belloso, O. ve 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. *European Food Research and Technology*, 223: 487-493.
- Polydera, A.C., Stoforos, N.G. ve Taoukis, P.S. 2003. Comparative shelf life study and vitamin C loss kinetics in pasteurised and high pressure processed reconstituted orange juice. *Journal of Food Engineering*, 60: 21-29.
- Polydera, A.C., Stoforos, N.G. ve Taoukis, P.S. 2005. Quality degradation kinetics of pasteurised and high pressure processed fresh Navel orange juice: Nutritional parameters and shelf life. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6: 1-9.
- Proteggente, A.R., Antonella Saija, B., De Pasquale, A., ve Rice-Evans, C.A. 2003. The compositional characterisation and antioxidant activity of fresh juices from sicilian sweet orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) Varieties. *Free Radical Research*, 37 (6): 681-687.
- Raybaudi-Massila, R.M., Mosqueda-Melgar, J. ve Martin-Belloso, O. 2009. Antimicrobial activity of malic acid against *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis* and *Escherichia coli* O157:H7 in apple, pear and melon juice. *Food Control*, 20: 105-112.

- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. ve Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 26: 1231-1237.
- ReliaSoft Corporation (n.d.). *The Effect of β on the cdf and Reliability Function*, Retrieved January 24, 2010, from www.weibull.com/LifeDataWeb/characteristics_of_the_weibull_distribution.htm.
- Singleton, V.L. ve Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-153.
- Sizer, C.E. ve Balasubramaniam, V.M. 1999. New intervention processes for minimally processed juices. *Food Technology*, 53 (10): 64-67.
- Statistical Analysis Systems (SAS), 1999. SAS Onlinedoc, Version 8. SAS Institute, Cary, NC.
- Supraditareporn, W. ve Pinthong, R. 2007. Physical, chemical and microbiological changes during storage of orange juices Cv. Sai Nam Pung and Cv. Khieo Waan in Northern Thailand. *International Journal of Agriculture & Biology*, 9 (5): 726-730.
- Tahiri, I., Makhlouf, J., Paquin P. ve Fliss I. 2006. Inactivation of food spoilage bacteria and *Escherichia coli* O157:H7 in phosphate buffer and orange juice using dynamic high pressure. *Food Research International*, 39: 98-105.
- Tikekar, R.V. 2010. Ultraviolet light induced degradation of patulin and ascorbic acid in apple juice. PhD Dissertation (Doktora Tezi). The Pennsylvania State University, Pennsylvania, USA.
- Tiwari, B.K., Muthukumarappan, K., O'Donnell, C.P. ve Cullen, P.J. 2008. Kinetics of freshly squeezed orange juice quality changes during ozone processing. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56: 6416-6422.
- Tiwari, B.K., O'Donnell, C.P., Patras, A., Brunton, N. ve Cullen, P.J. 2009a. Effect of ozone processing on anthocyanins and ascorbic acid degradation of strawberry juice. *Food Chemistry*, 113 (4): 1119-1126.

- Tiwari, B.K., O'Donnell, C.P., Muthukumarappan, K. ve Cullen, P.J. 2009b. Anthocyanin and colour degradation in ozone treated blackberry juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10 (1): 70-75.
- Tiwari, B.K., O'Donnell, C.P. ve Cullen, P.J. 2009c. Effect of non thermal processing technologies on the anthocyanin content of fruit juices. *Trends in Food Science & Technology*, 20: 137-145.
- Tiwari, B.K., O' Donnell, C.P., Muthukumarappan, K. ve Cullen, P.J. 2009d. Ascorbic acid degradation kinetics of sonicated orange juice during storage and comparison with thermally pasteurised juice. *LWT (Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie) - Food Science and Technology*, 42 (3): 700-704.
- Tran, M.T.T. ve Farid, M. 2004. Ultraviolet treatment of orange juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 5: 495-502.
- Turfan, Ö. 2008. Nar suyu konsantresi üretim ve depolama sürecinde antosiyaninlerdeki değişimler. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Ukuku, D.O. ve Geveke, D.J. 2010. A combined treatment of UV-light and radio frequency electric field for the inactivation of *Escherichia coli* K-12 in apple juice. *International Journal of Food Microbiology*, 138: 50-55.
- Unluturk, S., Atılgan, M.R., Baysal, A.H. ve 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.
- Uysal Pala C. ve Kırca Toklucu, A. 2010. Some Quality Characteristics of UV-C Processed White and Red Grape Juices. Food and Health, Effost Annual Meeting, 10-12 November, Dublin.
- Ünlütürk, A. ve Turantaş, F. 2002. Bölüm 1.2. Toplam Koliform, Fekal Koliform ve *E coli* Sayımı. *Gıdaların Mikrobiyolojik Analizi*. Meta Basım Matbaacılık, İzmir, 6-15.

- Valero, M., Recrosio, N., Saura, D., Munoz, N., Marti, N. ve Lizama, V. 2007. Effects of ultrasonic treatments in orange juice processing. *Journal of Food Engineering*, 80: 509-516.
- Valverde M.T., Marín-Iñesta, F. ve Calvo, L. 2010. Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* in conference pear with high pressure carbon dioxide and effects on pear quality. *Journal of Food Engineering*, 98: 421-428.
- Walkling-Ribeiro, M., Noci, F., Cronin, D.A., Riener, J., Lyng, J.G. ve Morgan, D.J. 2008. Reduction of *Staphylococcus aureus* and quality changes in apple juice processed by ultraviolet irradiation, pre-heating and pulsed electric fields. *Journal of Food Engineering*, 89: 267-273.
- Wang, W.D. ve Xu, S.Y., 2007. Degradation kinetics of anthocyanins in blackberry juice and concentrate. *Journal of Food Engineering*, 82: 271-275.
- Yemiş, O. ve Özkan, M. 2007. Bölüm 10: Gıda Analizlerinde HPLC Yöntemleri. Prof. Dr. Bekir Cemeroğlu (Editör), *Gıda Analizleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:34, Ankara, 438-452.
- Yemiş, O., Türkyılmaz, M. ve Özkan, M. 2010. Bölüm 10: Gıda Analizlerinde HPLC Yöntemleri. Prof. Dr. Bekir Cemeroğlu (Editör), *Gıda Analizleri* (2. baskı). Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:34, Ankara, sf 314.
- Zanoni, B., Pagliarini, E., Galli, A. ve Laureati, M. 2005. Shelf-life prediction of fresh blood orange juice. *Journal of Food Engineering*, 70: 512–517.
- Zhang, Y., Krueger, D., Durst, R., Lee, R., Wang, D., Seeram, N. ve Heber, D. 2009. International Multidimensional Authenticity Specification (IMAS) Algorithm for Detection of Commercial Pomegranate Juice Adulteration. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (6): 2550-2557.
- Zheng, H. ve Lu, H. 2011. Use of kinetic, Weibull and PLSR models to predict the retention of ascorbic acid, total phenols and antioxidant activity during storage of pasteurized pineapple juice. *LWT, Food Science and Technology*, DOI:10.1016/j.lwt.2010.12.023.

ÇİZELGELER	Sayfa No
Çizelge 2.1. UV reaktörlerin taze meyve suları üzerine inaktivasyon etkinlikleri..	7
Çizelge 3.1. Meyve suyu örneklerine uygulanan analizler.....	17
Çizelge 3.2 HPLC sisteminde gradient akış.....	18
Çizelge 3.3. Üçgen testinde örneklerin sunuluş sıralaması.....	29
Çizelge 4.1. Meyve sularının kimyasal yapısının <i>E. coli</i> ATCC 25922 üzerine etkisi.....	37
Çizelge 4.2. Kontrol ile UV-C ve ısıtma işlemi uygulanmış nar suyu örneklerinin toplam monomerik antosiyanin içeriği ile antosiyanin parçalanma ölçütü değerleri	40
Çizelge 4.3. Kontrol grubu ile UV-C ve ısıtma işlemi uygulanmış nar suyu örneklerinin antosiyanin profili.....	43
Çizelge 4.4. Kontrol ile UV-C ve Isıtma İşlemi Uygulanmış Nar suyu Örneklerinin Toplam Fenol ve TEAC Değerleri.....	44
Çizelge 4.5. Kontrol ile UV-C ve ısıtma işlemi uygulanmış nar suyu örneklerinin organik asit içeriği.....	45
Çizelge 4.6. Kontrol ile UV-C ve ısıtma işlemi uygulanmış nar suyu örneklerinin pH, çözünen kurumadde ve titrasyon asitliği değerleri.....	46
Çizelge 4.7. Kontrol ile UV-C ve ısıtma işlemi uygulanmış portakal sularının askorbik asit ve diğer organik asit içeriği.....	48
Çizelge 4.8. Kontrol ile UV-C ve ısıtma işlemi uygulanmış portakal sularının toplam fenol ve antioksidan aktivite değerleri.....	51
Çizelge 4.9. Kontrol ile UV-C ve ısıtma işlemi uygulanmış portakal suyu örneklerinin pH, suda çözünen kurumadde ve titrasyon asitliği değerleri.....	52
Çizelge 4.10. Tüketici testi sonuçları.....	53

Çizelge 4.11. Üçgen testi sonuçları.....	54
Çizelge 4.12. Farklı sıcaklıklarda depolanan nar sularında antosiyaninlerin degradasyonuna ilişkin birinci derece kinetik parametreler.....	66
Çizelge 4.13. Weibull dağılımına göre farklı sıcaklıklarda depolanan nar sularında antosiyaninlerin degradasyonuna ilişkin kinetik parametreler.....	67
Çizelge 4.14. Arrhenius Grafiği parametreleri ve aktivasyon enerjisi değerleri....	70
Çizelge 4.15. Farklı sıcaklıklarda depolanan, ısıtılmış portakal sularında askorbik asitin degradasyonuna ilişkin kinetik parametreler.....	75

ŞEKİLLER	Sayfa No
Şekil 2.1. UV-C ışınlarının DNA üzerine etkisi.....	5
Şekil 2.2. İnce film dairesel reaktörün şematik gösterimi.....	8
Şekil 2.3. Laminar Taylor–Couette UV reaktörün şematik gösterimi.....	8
Şekil 2.4. Türbülent akışlı (A) ve Dean akışlı (B) reaktörün şematik gösterimi..	9
Şekil 3.1. UV-C Reaktörü.....	15
Şekil 3.2. Siyanidin 3-glukozit standart eğrisi ve regresyon eşitliği.....	19
Şekil 3.3. Sitrik ve malik asitlerin standart eğrileri ve regresyon eşitlikleri.....	20
Şekil 3.4. Askorbik asit standart eğrisi ve regresyon eşitliği.....	21
Şekil 3.5. Troloks standart eğrisi.....	24
Şekil 3.6. Gallik asit standart eğrisi.....	25
Şekil 3.7. Tüketici testi değerlendirme formu.....	28
Şekil 3.8. Üçgen testi değerlendirme formu.....	30
Şekil 4.1. UV-C uygulamasının nar suyunun doğal mikroflorası üzerine etkisi...	33
Şekil 4.2. UV-C uygulamasının portakal sularının doğal mikroflorası üzerine etkisi.....	35

Şekil 4.3. UV-C uygulamasının nar ve portakal suyunda <i>E. coli</i> ATTC 25922 üzerine etkisi	38
Şekil 4.4 Kontrol grubu nar suyundaki antosiyanin pigmentlerinin HPLC kromatogramı ($\lambda=520$ nm): (1)Delfinidin 3,5-diGlukozit; (2) Siyanidin 3,5-diGlukozit; (3) Delfinidin 3-Glukozit; (4) Pelargonidin 3,5-diGlukozit; (5) Siyanidin 3-Glukozit; (6) Pelargonidin 3-Glukozit.....	42
Şekil 4.5. Kontrol grubu nar suyunda bulunan organik asitlerin HPLC kromatogramı.....	45
Şekil 4.6. Kontrol grubu portakal suyunda bulunan askorbik asitin HPLC kromatogramı.....	47
Şekil 4.7. Kontrol grubu portakal suyunda bulunan organik asitlerin HPLC kromatogramı.....	50
Şekil 4.8. 4°C’de depolama süresince kontrol grubu ve UV-C uygulanmış nar sularının mikrobiyal yükündeki değişim.....	55
Şekil 4.9. 10°C’de depolama süresince kontrol grubu ve UV-C uygulanmış nar sularının mikrobiyal yükündeki değişim.....	56
Şekil 4.10. 20°C’de depolanan kontrol grubu ve UV-C uygulanmış nar sularının mikrobiyal yükündeki değişim.....	56
Şekil 4.11. 4°C’de depolanan kontrol grubu ve UV-C uygulanmış portakal sularının mikrobiyal yükündeki değişim.....	59
Şekil 4.12. 10°C’de depolanan kontrol grubu ve UV-C uygulanmış portakal sularının mikrobiyal yükündeki değişim.....	59
Şekil 4.13. 20°C’de depolanan kontrol grubu uygulanmış portakal sularının mikrobiyal yükündeki değişim.....	60
Şekil 4.14. 20°C’de depolanan UV-C uygulanmış portakal sularının mikrobiyal yükündeki değişim.....	60
Şekil 4.15. Kontrol grubu nar suyunun farklı sıcaklıklarda depolanması sonucu antosiyaninlerin kayıp düzeyleri.....	64
Şekil 4.16. UV-C uygulanmış nar suyunun farklı sıcaklıklarda depolanması sonucu antosiyaninlerin kayıp düzeyleri.....	64
Şekil 4.17. Isıl işlem uygulanmış nar suyunun farklı sıcaklıklarda depolanması sonucu antosiyaninlerin kayıp düzeyleri.....	65

Şekil 4.18. Şekil parametresinin (β), weibull grafiği üzerine etkisi.....	69
Şekil 4.19. Kontrol, UV-C ve ısıı işlem uygulanmış portakal sularının 4°C' de depolanması sonucu askorbik asitin kayıp düzeyleri.....	71
Şekil 4.20. Kontrol, UV-C ve ısıı işlem uygulanmış portakal sularının 10°C' de depolanması sonucu askorbik asitin kayıp düzeyleri.....	72
Şekil 4.21. Kontrol, UV-C ve ısıı işlem uygulanmış portakal sularının 20°C' de depolanması sonucu askorbik asitin kayıp düzeyleri.....	72
Şekil 4.22. 4, 10 ve 20°C'de depolanan ısıı işlem görmüş portakal suyu örneklerinde askorbik asitin logaritmik değişimi.....	74

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER:

Adı Soyadı: ÇİĞDEM UYSAL PALA

Doğum Yeri: Gölcük/Kocaeli

Doğum Tarihi: 15 Eylül 1978

EĞİTİM DURUMU:

Lisans Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği 1999

Yüksek Lisans Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gıda Mühendisliği 2003
Fen Bilimleri Enstitüsü

BİLİMSEL FAALİYETLERİ:

a)Yayımlar

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler (SCI –Diğer)

Uysal Pala, C. 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*, DOI: 10.1016/j.jfca.2011.01.003 (in press). **SCI**

Uysal Pala Ç. ve Kırca Toklucu, A. 2010. Ultraviyole ışın (UV) teknolojisinin meyve sularına uygulanması. *Akademik Gıda*, 8(1): 17-22.

Atasoglu C., **Uysal Pala, C.** ve Karagül Yüceer Y. 2009. Changes in milk fatty acid composition of goats during lactation in a semi-intensive production system. *Archives Animal Breeding*, 52 (6): 627-636. **SCI**

Karagül Yüceer, Y., İşleten, M. ve **Uysal Pala, C.** 2007. Sensory characteristics of Ezine cheese. *Journal of Sensory Studies*, 22: 49-65. **SCI**

İşleten, M., **Uysal Pala, Ç.** ve Karagül-Yüceer, Y. 2007. Ezine peynirinin mineral madde içeriği. *Gıda*, 32(4): 173-179.

Uysal Pala, C., Karagül Yüceer, Y., Pala, A. ve Savas, T. 2006. Sensory Evaluation of Drinkable Yogurt Made from Different Goat Breeds. *Journal of Sensory Studies*, 21: 520-533. **SCI**

Uysal Pala, C. ve Bilişli, A. 2006. Fate of Endosulfan and Deltamethrin residues during tomato paste production. *Journal of Central European Agriculture*, 7 (2): 343-348.

Uysal-Pala, Ç. ve Karagül-Yüceer, Y. 2006. Katı Faz Mikroekstraksiyon (SPME) Tekniğinin Aroma Maddelerinin Analizinde Kullanımı. *Dünya Gıda Dergisi*, 3: 74-78.

Uysal-Pala, Ç., Karagül-Yüceer, Y. ve Pala, A. 2006. Farklı Keçi Irkı Sütlerinden Üretilen Probiyotik Ayranın Karakteristik Özellikleri. *Akademik Gıda*, 20: 3-5.

Arıcı, M., Gümüş, T. ve **Uysal-Pala, Ç.** 2005. Dondurulmuş Ton Balıklarının Bazı Mikrobiyolojik özellikleri. *Hasad Gıda*, 238:30-32.

b) Bildiriler -Uluslararası –Ulusal

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan bildiriler :

Uysal Pala, C. ve Kırca Toklucu, A. 2010. Some Quality Characteristics of UV-C Processed White and Red Grape Juices. Food and Health, Effost Annual Meeting, 10-12 November, Dublin, Ireland, P 0351.

Uysal Pala, C., Guneser, O., Kırca Toklucu, A. ve Karagül Yuceer, Y. 2010. Development of a Functional Beverage with Apple Juice and Whey Protein Isolate. Food and Health, Effost Annual Meeting, 10-12 November, Dublin, Ireland, P 0374.

Uysal Pala, C. ve Kırca Toklucu, A. 2010. Effects of UV-C Light on Anthocyanin Content and Antioxidant Activity of Pomegranate Juice. 6th International Congress on Pigments in Food, 20-24 June, Budapest, Hungary.

Uysal Pala, C. ve Kırca Toklucu, A. 2009. Effects of UV-C Irradiation on Some Quality Characteristics of Orange Juices. New Challenges in Food Preservation, Effost Conference, 11-13 November, Budapest, Hungary.

Atasoglu, C., **Uysal Pala, C.**, Isıl Akbas, H. ve Karagül Yüceer, Y. 2009. Influence of a Change from Natural Pasture to Temporary Barley Pasture on 18C-Fatty Acid Composition of Goat Milk. XVII International Congress of Mediterranean Federation of Health and Production of Ruminants, May 27-30, Perugia-Italy) Abstract Book, 161-162

Uysal Pala, C. ve Kırca Toklucu, A. 2010. Basma Helva. 1. Uluslararası Adriyatikten Kafkaslara Geleneksel Gıdalar Sempozyumu 15-17 Nisan, Tekirdağ, Bildiri Kitabı Sf: 757-759.

Uysal Pala, C., Apuhan, E., Kırca Toklucu, A. ve Karagül Yüceer, Y. 2010. Geleneksel Yöntemlerle Üretilen Domates Salçalarının Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri. 1. Uluslararası Adriyatikten Kafkaslara Geleneksel Gıdalar Sempozyumu 15-17 Nisan, Tekirdağ, Bildiri Kitabı Sf: 601.

Uysal Pala, C. ve Bilişli, A. 2005. Fate of endosulfan and deltamethrin residues during tomato paste production. 4th Int. Symposium of pesticides in food and the environment in the mediterranean countries and MGPR annual meeting 2005, Kuşadası-Aydın, P:65.

Tuncel, B., **Uysal Pala, Ç.,** İşleten, M. ve Karagül-Yüceer, Y. 2005. Gluten-Free cereal based products and recent developments. 1st Int. Food and Nutrition Congress, TÜBİTAK. Abstract Book, Pg: 183.

İşleten, M., **Uysal Pala, Ç.** ve Karagül-Yüceer, Y. 2005. Fruit flavored-probiotic dairy beverages. 1st Int. Food and Nutrition Congress, TÜBİTAK. Abstract Book, Pg: 237.

Karagül Yüceer, Y., İşleten, M. ve **Uysal Pala, Ç.** 2005. Sensory characteristics of Ezine Cheese. 1st Int. Food and Nutrition Congress, TÜBİTAK. Abstract Book, Pg: 247.

Uysal, Ç. ve Karagül Yüceer, K. 2004. Persistent Pesticide Residues in Milk and Dairy Products. Recent Developments in Dairy Sci. and Technol. International Dairy Symposium, Süleyman Demirel University, Isparta, P: 330.

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan bildiriler:

Uysal Pala, Ç., Güneşer, O. ve Kırca Toklucu, A. 2009. Geleneksel Bir İçeceğimiz Ahlat Turşusu ve Bazı Kimyasal Özellikleri. II. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu (27-29 Mayıs) Bildiri Kitabı, Van, sayfa: 620-624.

Güneşer, O., **Uysal Pala, Ç.,** Kırca Toklucu, A. ve Engin, F.B. 2009. Erik Macunu Üretimi ve Bazı Kimyasal Özellikleri. II. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu (27-29 Mayıs) Bildiri Kitabı, Van, sayfa: 387-391.

Uysal Pala, Ç., Güven, S. ve Asiltürk, C. 2008. Antik çağda özellikle Troya'da gıda ve beslenme. İntepe Değerleri Sempozyumu (30-31 Ağustos 2008) Bildiri Kitabı, Çanakkale Onsekiz Mart Üniv. Yayınları No:89, Sf.153-161.

Uysal Pala, Ç., İşleten, M. ve Karagül-Yüceer, Y. 2004. Geleneksel Çanakkale Keşkek'i. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu Kitabı, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Sf: 263.

Uysal, Ç. ve Caner, C. 2004. Potansiyel Gıda Ambalajlama Materyali Olarak Biyobozunur Polimerler. Türkiye 8. Gıda Kongresi, Bursa, Sf:131.

c) Katıldığı Projeler

Çanakkale ili'nde üretilen sanayi domatesi ve salçada bazı pestisit kalıntıları üzerinde araştırmalar. Lisansüstü Tez projesi, Proje No: 2002/40.

Tarife Dayalı Duyusal Analiz Metotlarıyla Ezine Peynirinin Duyusal Profilinin Belirlenmesi. BAP, Proje No: 2004/26 (**Yardımcı Araştırmacı**)

Türk Saanen Keçilerinde Süt Konjuge Linoleik Asit Miktarının Yıl Boyu Değişiminin İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma (BAP, 2006/17- **Yardımcı Araştırmacı**)

Yaş, süt verimi, süt bileşenleri ve mera kompozisyonundaki değişimlerin Türk Saanen keçilerinde süt konjuge linoleik asit miktarına etkilerinin incelenmesi. (TÜBİTAK Hızlı Destek 2006/105 0 697-**Yardımcı Araştırmacı**)

Ultraviyole Işınlarnının Nar Suyu Antosiyaninleri ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi. (BAP 2009/79-**Yardımcı Araştırmacı**)

Bazı Meyve Sularına Isıl İşleme Alternatif Olarak Ultraviyole Uygulanması. (BAP 2009/112-**Yardımcı Araştırmacı**)

İŞ DENEYİMİ:

Araştırma Görevlisi

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mühendislik-
Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü

2000-

İLETİŞİM:

E-posta Adresi : cupala@gmail.com